



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

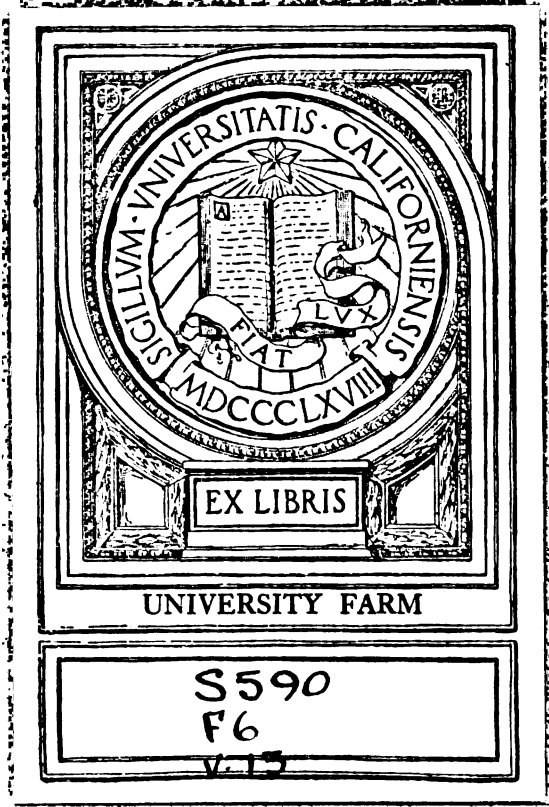
Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.

UC-NRLF



\$B 227 544



S590
F6
V.15

FORSCHUNGEN
AUF DEM GEBIETE DER
AGRIKULTUR-PHYSIK.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. E. WOLLNY,

PROFESSOR IN MÜNCHEN.

DREIZEHNTER BAND.

MIT ORIGINAL-BEITRÄGEN VON

E. EBERMAYER, C. KRAUS, J. SCHACHBASIAN, P. SORAUER, E. WOLLNY.

MIT 5 LITHOGRAPHIRTEN TAFELN UND 5 HOLZSCHNITTEN.

HEIDELBERG.

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.

1890.

~~~~~  
**Das Recht der Uebersetzung in fremde Sprachen wird vorbehalten.**  
~~~~~

Inhalts-Verzeichniß.

I. Physik des Bodens.

	Seite
Untersuchungen über die Adhäsion und Reibung der Bodenarten an Holz und Eisen. Von J. Schachbasian	193
I. Die Adhäsion der Bodenarten an Holz und Eisen	193
II. Die Reibung der Bodenarten an Holz und Eisen	214
Untersuchungen über die Sickerwassermengen in verschiedenen Bodenarten. Von E. Ebermayer	1
Untersuchungen über die Bedeutung des Humus als Bodenbestandtheil und über den Einfluß des Waldes, verschiedener Bodenarten und Bodendecken auf die Zusammensetzung der Bodenluft. Von E. Ebermayer	15
Untersuchungen über die Beeinflussung der Fruchtbarkeit der Ackerkrume durch die Thätigkeit der Regenwürmer. (Erste Mittheilung.) Von E. Wollny	882
*Die Bodentemperatur an der k. Sternwarte bei München und der Zusammenhang ihrer Schwankungen mit den Witterungsverhältnissen. Von K. Singer	226
*Ein neues selbstregistrirendes Bodenthermometer. Von M. Whitney . .	50
*Ueber die Bewegung des Wassers im Boden. Von F. H. King	396
*Ueber die Bodenfeuchtigkeit. Von M. Whitney	400
*Der Einfluß der Vegetation auf die Menge und Zusammensetzung der Drainwässer. Von A. Petermann	238
*Studien über die Drainwässer. Von P. P. Dehérain	402
*Die Waldstreu und ihre Bedeutung für Boden und Wald. Von E. Ramann	53
*Der Einfluß des Bedeckens und Mischens des Moorbodens mit Sand auf seine Verdunstungs- und Temperaturverhältnisse. Von F. Seyfert .	63

Anmerkung. Die unter der Rubrik „Nene Litteratur“ mitgetheilten Referate sind in obigem Inhaltsverzeichniß zur Unterscheidung von den Originalabhandlungen am Anfang des Titels mit einem * versehen.
D. H.

	Seite
*Der Einfluß der Menge der im Boden befindlichen organischen Stoffe auf den Kohlensäuregehalt der Bodenluft. Von E. Wollny	231
*Ueber die Bodenluft. Von Th. Schlösing fils	237
*Ueber den Gehalt des Bodens an Bakterien. Von J. Reimers	241
*Ueber die Rolle des Ammoniaks bei der Ernährung der höheren Pflanzen. Von A. Müntz	242
*Ueber die Bildung des Ammoniaks in der Ackererde. Von A. Hébert . .	82
*Einfluß des Gipses und des Thones in der nackten Erde auf die Konservierung des Stickstoffs, auf die Fixirung des atmosphärischen Stickstoffs und auf die Nitrifikation. Von P. Pichard	84
*Ueber die Nitrifikation des Ammoniaks. Von Th. Schlösing	243
*Ueber die Fixirung des Stickstoffs durch den Ackerboden unter dem Einfluß der Elektrizität. Von M. P. E. Berthelot	244
*Ueber die Beziehungen des Stickstoffs der Atmosphäre zur Ackererde. Von Th. Schlösing	244
*Untersuchungen über den Stickstoffverlust und -Gewinn auf dem Versuchsfelde in Grignon von 1875—1888. Von P. P. Dehérain	65
*Die Veränderungen des Bodens unter einer Grasdecke. Von J. B. Lawes	68
*Untersuchungen über die Erschöpfung der ungedüngten Ackererde durch die Kultur. Von P. P. Dehérain	86
*Untersuchungen über die Kultur der Leguminosen. Von E. Bréal . . .	77
*Ueber den gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse der Assimilation elementaren Stickstoffs durch die Pflanze. Von A. B. Frank	72
*Das Wesen und die biologische Bedeutung der Wurzelknöllchen der Erbse. Von A. Prazmowski	74
*Ueber die Pilzsymbiose der Leguminosen. Von A. B. Frank	245
*Ueber die Knöllchen an den Wurzeln der Leguminosen, mit besonderer Rücksicht auf die Erbse und die Bohne. Von H. M. Ward	246
*Vorschläge zur Reform des Ackerbaues. Von R. Sack	247
Neue Litteratur	89. 249. 405

II. Physik der Pflanze.

Das Schröpfen und Walzen der Getreidesaaten als Mittel gegen Lagerung. Von C. Kraus	252
Abnormitäten an Haferpflanzen, hervorgerufen durch Beleuchtungsverhältnisse. Von C. Kraus	407
Weitere Beobachtungen über Gelbfleckigkeit. Von P. Sorauer	90

*Untersuchungen über die Frage, ob das Licht zu den unmittelbaren Lebensbedingungen der Pflanzen oder einzelner Pflanzenorgane gehört. Von Busch	114
*Ueber die Beziehungen zwischen der Intensität der Sonnenstrahlung und der Kohlensäure-Zerlegung durch die Pflanze. Von C. Timiriazeff	114
*Das Protophyllin in etiolirten Pflanzen. Von C. Timiriazeff	116
*Die Assimilation des Kohlenstoffs durch grüne Pflanzen aus gewissen organischen Verbindungen. Von E. H. Acton	116
*Die Stärkebildung aus Zucker in Laubblättern. Von W. Saposchnikoff	118
*Ueber die biologische Bedeutung der Etiolirungserscheinungen. Von E. Godlewsky	293
*Ueber den Durchgang der Gase durch die Pflanze. Von H. Molisch	121
*Ueber den Mechanismus des Gastaustausches bei den submersen Wasserpflanzen. Von H. Devaux	122
*Untersuchungen über die Gasbewegung in der Pflanze. Von J. Wiesner und H. Molisch	300
*Ueber die Aenderungen, welche im Gaswechsel der Pflanzen hervorgebracht werden durch die Anwesenheit organischer Säuren. Von L. Mangin	304
*Beobachtungen über die Assimilation und Athmung der Pflanzen. Von U. Kreuzler	418
*Ueber einige Beziehungen zwischen Wachstum und Temperatur. Von E. Askenasy	306
*Ueber den Einfluß der Wärme auf die Blütenbewegungen der Anemone stellata. Von H. Vöchting	306
*Ursache des Saftsteigens. Von J. Boehm	126
*Ueber den Ort der Wasserleitung in den Pflanzen. Von Th. Bokorny	127
*Beitrag zur Lehre von der Wasserbewegung in der Pflanze. Von F. Tschaplowitz	295
*Ueber den mechanischen Bau des Blattrandes mit Berücksichtigung einiger Anpassungserscheinungen zur Verminderung der lokalen Verdunstung. Von R. Hintz	296
*Ueber die Volumsänderung der Samen beim Quellen. Von E. Schmid	299
*Die Wege des Transpirationsstromes in der Pflanze. Von Th. Bokorny	307
*Ueber die Ursache der Wasserbewegung in transpirirenden Pflanzentheilen. Von J. Böhm	415
*Weitere Mittheilungen über die wasserleitenden Gewebe. Von Th. Bokorny	415
*Ueber die Transpiration der Pflanzen in kohlenstofffreier Luft. Von E. und J. Verschaffelt	416

	Seite
*Ueber das Saftepiderm. Von J. Wiesner	417
*Die Periodizität des Längenwachsthums. Von E. Godlewski	118
*Ueber Epinastie und Hyponastie. Von H. S. Vines	120
*Der Einfluß äußerer Faktoren auf die polare und dorsiventrale Organisation der Pflanze. Von L. Kolderup-Rosenvinge	129
*Ueber charakteristische Reizbewegungen. Von B. Stange	308
*Die Bewegungen des Protoplasmas von Caulerpa prolifera. Von J. M. Janse	308
*Versuch einer Erklärung des Wachsthums der Pflanzenzelle. Von J. Wiesner	420
*Studien, betr. die Elementargebilde der Pflanzenzelle. Von J. Wiesner	421
*Theorie des Höhenwachsthums. Von R. Weber	310
*Ueber die Natur der Reservzellulose und über ihre Auflösungsweise bei der Keimung der Samen. Von R. Reiß	132
*Welche Einrichtungen bestehen behufs Ueberführung der in dem Speicher- gewebe der Samen niedergelegten Reservestoffe in den Embryo bei der Keimung? Von W. Hirsch	311
*Untersuchungen über die physiologische Bedeutung des Siebtheils der Gefäß- bündel. Von J. Blaß	310
*Ueber die Folgen der Baumringelung. Von R. Hartig	311
*Das Zutiefstehen der Bäume ein Generalfehler im Obstbau. Von A. Voß	312
*Ueber phänologische Accommodation. Von H. Hoffmann	314
Neue Litteratur	132, 315, 423

III. Agrar-Meteorologie.

Forstlich meteorologische Beobachtungen. (Zweite Mittheilung.) Von E. Wollny	134
I. B. Die Feuchtigkeitsverhältnisse der Streudecke	134
II. Untersuchungen über den Einfluß der Streudecke auf die Erwärmung und Durchfeuchtung des Bodens	143
A. Der Einfluß der Streudecke auf die Bodentemperatur	143
B. Der Einfluß der Streudecke auf die Bodenfeuchtigkeit	171
Hygienische Bedeutung der Waldluft und des Waldbodens. Von E. Eber- mayer	424
1. Hygienische Bedeutung der Waldluft	426
2. Hygienische Bedeutung des Waldbodens	438
a. Ansprüche der Mikroorganismen an den Boden	438
b. Verhalten des Waldbodens gegen Mikroorganismen	454
c. Wald, Cholera und Gelbfieber	463
d. Wald und Malaria	465

	Seite
Untersuchungen über das Verhalten der atmosphärischen Niederschläge zur Pflanze und zum Boden. Von E. Wollny	316
3. Das Eindringen des Regens in den Boden	316
*Der Einfluß der Bodenfiguration und des Waldes auf die Hagelhäufigkeit. Von A. Bühler	369
*Ueber den Einfluß der Witterung auf das Wachstum und die Zusammensetzung der Zuckerrübe. Von A. Petermann	357
*Ueber die Beziehungen zwischen dem Wasserstand eines Stromes, der Wasserführung desselben und der Niederschlagshöhe im zugehörigen Stromgebiet. Von W. Ule	362
*Ueber den Einfluß der mittleren Windrichtung auf das Verwachsen der Gewässer, nebst Betrachtung anderer von der Windrichtung abhängiger Vegetationserscheinungen im Ostbaltikum. Von J. Klinge	359
*Ueber den Schutz der Pflanzen gegen Wind. Von L. H. Bailey	358
*Ueber die Luftfeuchtigkeit als klimatischer Faktor. Von J. Haun . . .	188
*Höhe der Regenwolken. Von F. Roth	189
*Ueber die Bildung des Hagels und über die Erscheinungen, welche ihn begleiten. Von L. Bombicci	365
*Gleichzeitige Beobachtungen der Luftpolarität innerhalb und außerhalb der Wolken. Von L. Palmieri	185
*Warum ist die Rothbuche der Blitzgefahr weniger ausgesetzt als die Eiche? Von Wückert	187
*Ueber die Zahl der Staubtheilchen in der Atmosphäre verschiedener Orte in Großbritannien und auf dem Kontinent, mit Bemerkungen über die Beziehungen zwischen der Staubmenge und den meteorologischen Erscheinungen. Von J. Aitken	375
*Bildet sich Ozon oder Wasserstoffsperoxyd bei lebhafter Verbrennung? Kommen Ozon und Wasserstoffsperoxyd in der Luft vor? Von L. Ilosvay de N. Ilosva	378
*Ueber <i>Admann's</i> neue Methode zur Ermittlung der wahren Lufttemperatur. Von H. Wild	190
Neue Litteratur	192. 379. 475

Rezensien.

- F. Merl.** Neue Theorie der Bodenentwässerung. Ansbach bei M. Eichinger. 1890. IV. u. 70 S. 16 Abb. u. 2 Steindrucktafeln 249
-

Autoren-Verzeichniß.

Acton, E. H. 116.

Aitken, J. 375.

Askenasy, E. 306.

Bailey, L. H. 358.

Behrens, J. 315.

Berthelot, M. P. E. 244.

Blaß, J. 310.

Blomeyer, A. 192.

Böhm, J. 126. 415.

Bokorny, Th. 127. 307. 315. 415.

Bombicci, L. 365.

Bréal, E. 77.

Brückner, E. 192. 380.

Bühler, A. 369.

Büsgen, M. 133. 305.

Busch. 114.

Caspari. 52.

Dehérain, P. P. 65. 86. 402.

Devaux, H. 122.

Dufour, H. 476.

Ebermayer, E. 1. 15. 424.

Eckert, F. 475.

Ekholm, N. 475.

Elster, J. 476.

Eschenhagen, F. 132.

Faber, E. 379.

Fischer, A. 423.

Frank, A. B. 72. 245. 406.

Frankland, G. C. 405.

Frankland, P. F. 405.

Fritz, H. 380.

Geitel, H. 476.

Gilbert, H. 89. 249.

Godlewski, E. 118. 132. 293.

Götz, W. 379.

Goppelsröder, F. 423.

Günther, S. 192.

Hackel, E. 475.

Hann, J. 188.

Hartig, R. 311.

Hébert, A. 82.

Heimann, J. 192.

Hintz, R. 133. 296.

Hirsch, W. 311.

Hjelström. 475.

Hoffmann, H. 314.

Ihne, E. 379.

Ilosvay de N. Ilosva, L. 378.

Janse, J. M. 308.

Juhlin, J. 475.

King, F. H. 396.

Klinge, J. 359.

Kny, L. 423.

Köbrich. 249.

Köppen, W. 192.

Kohl, F. G. 133.

Kolderup-Rosenvinge, L. 129.
Krabbe, G. 423.
Kraus, C. 252. 407.
Kreusler, U. 418.

Lang, C. 476.
Lawes, J. B. 68. 89. 249.
Leist, K. 133.
Leone, T. 405.
Lecy, J. 133.
Leyst, E. 475.
Lorenz-Liburnau, J. von. 475.

Mangin, L. 304.
Mayer, Ad. 405.
Merl, F. 249.
Mischpeter, E. 89.
Molisch, H. 121. 800.
Müller, P. E. 249.
Müntz, A. 242. 406.
Müttrich, A. 475.

Ollech, von. 249.

Pagnoul, A. 406.
Palmieri, L. 185.
Paturel, G. 406.
Perlewitz, P. 475.
Petermann, A. 288. 357. 406.
Pfeffer, W. 132. 423.
Pichard, P. 84.
Prazmowski, A. 74.

Ramann, E. 53. 405.
Reimers, J. 241.
Reiß, R. 132.
Roster, G. 192.
Roth, R. 189.

Sach, R. 247.
Saposchnikoff, W. 118.

Sarrazin, F. 380.
Schachbasian, J. 193.
Schindler, F. 475.
Schlösing, Th. 243. 244. 405
Schlösing, Th. fils. 237.
Schmid, E. 299.
Schwendener, S. 423.
Seignette, A. 423.
Seyfert, T. 63.
Siegert. 52.
Singer, K. 226.
Sorauer, P. 90.
Stange, B. 308.

Thoulet, J. 249.
Timiriaseff, C. 114. 116.
Tschaplowitz, F. 295.

Uhle, W. 362.
Umlauf, F. 476.

Vines, H. S. 120. 423.
Verschaffelt, E. 416.
Verschaffelt, J. 416.
Vöchting, H. 806.
Voß, A. 312.

Ward, H. M. 246.
Warrington, R. 405.
Weber, R. 310.
Whitney, M. 50. 400.
Wiesner, J. 300. 417. 420. 421.
Wild, H. 190.
Winogradsky. 405.
Woeikof, A. 192. 380. 475.
Wollny, E. 134. 231. 316. 381. 423.
Wortmann, J. 423.
Wückert. 187.

Zimmermann, A. 315.

Druckfehler-Berichtigung.

S. 63 Zeile 3 von oben statt der Moorböden: des Moorbodens.



I. Physik des Bodens.

~~~~~  
*Aus dem agrilkulturchemischen und bodenkundlichen Laboratorium der  
Universität München.*

## I. Untersuchungen über die Sickerwassermengen in verschiedenen Bodenarten.

Von Prof. Dr. E. Ebermayer in München.

Im Anschlusse an meine im letzten Jahrgange dieser Zeitschrift veröffentlichten Untersuchungen über den Einfluß des Waldes und der Bestandesdichte auf die Bodenfeuchtigkeit und auf die Sickerwassermenge, soll im Nachstehenden auf Grund exakter, in größerem Maßstabe durchgeführter Versuche die in den letzten Dezennien so viel bestrittene Frage über die Abhängigkeit der in größeren Bodentiefen absickernden Wassermengen von den auf die Oberfläche fallenden Niederschlägen näher erörtert werden. Diese Frage beansprucht unser spezielles Interesse schon mit Rücksicht auf die Boden- und Pflanzenkultur; denn je durchlässiger ein Boden für Wasser ist, um so weniger speichert er für die Ernährung der Pflanzen auf und um so leichter tritt eine Verarmung desselben durch Auswaschen von Nährsalzen ein. Eine große allgemeine Bedeutung hat der in Frage stehende Gegenstand erlangt, seitdem (1857) Dr. *Otto Volger* in Frankfurt a. M. eine Quellentheorie und Grundwasserlehre aufstellte, nach welcher kein Wasser in der Erde vom Regen herrühre, sondern ein Erzeugniß von Niederschlägen sei, welche unterhalb der Erdoberfläche durch Abkühlung und Verdichtung der mit der atmosphärischen Luft in den Boden eindringenden Wasserdämpfe gebildet werden sollen<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> *Volger*, Erde und Ewigkeit. Frankfurt a. M. 1857. S. 200.

*Volger* begründet diese Theorie damit, daß nach seinen Erfahrungen die atmosphärischen Niederschläge nur die obersten Schichten der Bodenkrume benetzen und durchfeuchten, aber nicht bis zum Grundwasser dringen können. Letzteres sei stets durch eine völlig trockene Zwischenlage von der durchfeuchteten Oberkrume geschieden<sup>1)</sup>. Einen Vertheidiger dieser Lehre fand *O. Volger* insbesondere in Prof. *Mohr*, der durch Versuche mit humusreicher Gartenerde in einer weiten Glasröhre zu dem Resultat gelangte, daß selbst die größten Wassermengen nicht bis zum Grundwasser dringen können.

Da diese Lehre mit der heutigen, fast allgemein angenommenen Theorie über die Quellenbildung im vollsten Widerspruche steht, sah ich mich veranlaßt, durch eine in größerem Maßstabe und unter vollkommen natürlichen Verhältnissen durchgeführte Versuchsreihe das Verhalten der wichtigsten Bodentypen gegen die atmosphärischen Niederschläge zu prüfen und die Sickerwassermengen festzustellen. Zu diesem Zwecke ließ ich im Garten der k. forstlichen Versuchsanstalt an der Universität München auf einer entsprechend großen Fläche die Erde 120 cm tief ausheben, suchte dann 5 Quadrate von je 4 qm Fläche aus, die durch 0,45 m dicke Scheidewände von einander getrennt wurden. Um die letzteren für Wasser undurchdringlich zu machen, ließ ich sie mit einer Mischung von Kalksand und Zement ausfüllen, die in kurzer Zeit steinhart wurde. Die Sohle jeder 4 qm großen und 120 cm tiefen Grube erhielt eine muldenförmige Vertiefung und wurde mit Zement wasserdicht gemacht, so daß alles auf derselben sich ansammelnde Sickerwasser an der tiefsten Stelle durch ein angebrachtes weites Rohr von Steingut abfließen mußte. Die Enden dieser Abzugsröhren mündeten in einem unterirdischen ausgemauerten Gewölbe (Tunnel) von 1,2 m Breite und 5 m Länge, wodurch genügender Raum zum Sammeln des in 120 cm Tiefe durchgesickerten Wassers und Abmessen desselben vorhanden war. Zum Schutz der Treppe vor Regen und Schnee befand sich über derselben eine in Rollen laufende, horizontale, verschiebbare eiserne Decke, die zurückgeschoben wurde, sobald man in das Gewölbe treten wollte.

Die erwähnten 5 Behälter von je 4 qm Oberfläche und 120 cm Tiefe wurden der Reihe nach unter Einstampfen mit folgenden Erdarten bis 20 cm vom Rande entfernt angefüllt:

<sup>1)</sup> Meteorologische Zeitschrift. 4. Jahrgang (1887). S. 388.

a) mit einem weißgrauen grobkörnigen Quarzsand von Weiden (Oberpfalz). Die Korngröße desselben betrug in Prozenten:

|           |   |           |              |   |            |
|-----------|---|-----------|--------------|---|------------|
| über 6 mm | = | 6,5 Proz. | über 1,00 mm | = | 37,1 Proz. |
| „ 4 „     | = | 7,0 „     | „ 0,5 „      | = | 20,8 „     |
| „ 3 „     | = | 7,6 „     | „ 0,25 „     | = | 2,2 „      |
| „ 2 „     | = | 18,3 „    | unter 0,25 „ | = | 0,5 „      |
|           |   |           |              |   | 100,0;     |

b) mit reinem rothen, feinkörnigen Quarzsand, ebenfalls von Weiden.  
Korngröße:

|           |   |           |              |   |            |
|-----------|---|-----------|--------------|---|------------|
| über 2 mm | = | 0,9 Proz. | über 0,25 mm | = | 42,4 Proz. |
| „ 1 „     | = | 8,8 „     | unter 0,25 „ | = | 10,0 „     |
| „ 0,5 „   | = | 37,9 „    |              |   |            |
|           |   |           |              |   | 100,0;     |

c) mit reinem lößartigen Lehm von sehr gleichartigem feinkörnigen Gefüge aus der Nähe Münchens;

d) mit reinem Kalksand von München. Korngröße:

|           |   |            |              |   |            |
|-----------|---|------------|--------------|---|------------|
| über 2 mm | = | 45,8 Proz. | über 0,25 mm | = | 30,0 Proz. |
| „ 1 „     | = | 9,0 „      | unter 0,25 „ | = | 4,9 „      |
| „ 0,5 „   | = | 10,3 „     |              |   |            |
|           |   |            |              |   | 100,0;     |

e) mit schwarzer Moorerde von Aibling (Oberbayern).

Die Füllung der Gruben geschah im Sommer 1880, die regelmäßigen täglichen Beobachtungen begannen aber erst mit dem Jahre 1881, nachdem die Bodenarten durch allmähliches Setzen ihre natürliche Beschaffenheit angenommen hatten. Zur Messung der Niederschlagsmengen wurde ein Regenschirm von  $\frac{1}{20}$  qm Auffangfläche benutzt, der neben den Gruben an einem vollkommen freien Platze aufgestellt war.

Der Raumersparniß wegen werden in nachstehenden Tabellen nur die aus den täglichen Beobachtungen berechneten Mittel für die einzelnen Jahreszeiten und Jahre veröffentlicht.

***Niederschläge und Sickerwassermengen verschiedener Bodenarten, ausgedrückt in mm Höhe:***

## I. Versuchsreihe

mit weißgrauem, grobkörnigen Quarzsand aus Weiden (Oberpfalz).

## Meteorologische Jahreszeiten.

| Jahrgänge.                                      | Winter.                      |             | Frühjahr.                    |             | Sommer.                      |             | Herbst.                      |             | Jahressumme         |                     | Von den Niederschlägen sicher-ten durch den Boden in Pro-zenten: |    |
|-------------------------------------------------|------------------------------|-------------|------------------------------|-------------|------------------------------|-------------|------------------------------|-------------|---------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------|----|
|                                                 | Nieder-schlags-wasser-menge. | Dif-ferenz. | Nieder-schlags-wasser-menge. | Dif-ferenz. | Nieder-schlags-wasser-menge. | Dif-ferenz. | Nieder-schlags-wasser-menge. | Dif-ferenz. | der Nieder-schläge. | des Sicker-wassers. |                                                                  |    |
| 1881                                            | 157,4                        | 61,8        | 303,9                        | 35,6        | 304,5                        | 61,4        | 167,8                        | 142,1       | 998,6               | 749,1               | 184,5                                                            | 80 |
| 1882                                            | 61,5                         | 54,2        | 167,9                        | 58,6        | 489,3                        | 97,3        | 286,8                        | 261,7       | 955,5               | 767,2               | 188,3                                                            | 80 |
| 1883                                            | 179,2                        | 193,8       | +14,6                        | 75,4        | 402,0                        | 23,5        | 249,3                        | 184,5       | 1003,4              | 854,3               | 149,1                                                            | 85 |
| 1884                                            | 128,2                        | 187,8       | +59,6                        | 32,7        | 368,8                        | 53,2        | 188,8                        | 166,6       | 895,9               | 792,3               | 43,6                                                             | 94 |
| 4 jähriges Mittel:                              | 181,6                        | 192,8       | +1,2                         | 50,6        | 378,7                        | 58,9        | 221,9                        | 188,7       | 932,1               | 790,7               | 141,4                                                            | 86 |
| Sicker-wasser in Pro-zenten der Nieder-schläge: | 100 %                        |             | 74 %                         |             | 84 %                         |             |                              | 85 %        |                     | 86 %                |                                                                  |    |

**II. Versuchsreihe**  
mit rothem feinkörnigen Quarzsand aus Weiden (Oberpfalz).

**Meteorologische Jahreszeiten.**

| Jahr-<br>gänge.                                          | Winter.                         |                              | Frühjahr.                     |                                | Sommer.                       |                              | Herbst.                       |                                 | Jahressumme                |                                 | Von den Sicker-<br>schlägen sicher-<br>ten durch den<br>Boden in Pro-<br>zenten. |                 |                                 |        |         |     |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------|--------|---------|-----|
|                                                          | Nieder-<br>schlags-<br>menge.   | Sicker-<br>wasser-<br>menge. | Nieder-<br>schlags-<br>menge. | Sicker-<br>wasser-<br>menge.   | Nieder-<br>schlags-<br>menge. | Sicker-<br>wasser-<br>menge. | Nieder-<br>schlags-<br>menge. | Sicker-<br>wasser-<br>menge.    | der<br>Nieder-<br>schläge. | des<br>Sicker-<br>wassers.      |                                                                                  | Dif-<br>ferenz. |                                 |        |         |     |
| 1881                                                     | 157,4                           | 117,4                        | 40,0                          | 303,9                          | 336,4                         | + 32,5                       | 304,5                         | 298,8                           | 5,7                        | 167,8                           | 184,6                                                                            | + 16,8          | 933,6                           | 937,2  | + 3,6   | 100 |
| 1882                                                     | 61,5                            | 64,5                         | + 3,0                         | 167,9                          | 150,2                         | 17,7                         | 439,3                         | 443,1                           | + 3,8                      | 286,8                           | 335,5                                                                            | + 48,7          | 955,5                           | 998,3  | + 37,8  | 103 |
| 1883                                                     | 179,2                           | 265,1                        | + 85,0                        | 172,9                          | 110,6                         | 62,3                         | 402,0                         | 466,2                           | + 64,2                     | 249,2                           | 818,6                                                                            | 30,6            | 1003,4                          | 1060,5 | + 57,1  | 105 |
| 1884                                                     | 128,2                           | 238,1                        | + 109,9                       | 155,0                          | 171,5                         | + 16,4                       | 368,8                         | 373,1                           | + 4,3                      | 183,8                           | 189,4                                                                            | + 5,6           | 895,9                           | 972,1  | + 136,2 | 116 |
| 4 jähriges<br>Mittel)                                    | 131,6                           | 171,3                        | + 39,7                        | 200,0                          | 192,9                         | 7,8                          | 378,7                         | 395,3                           | + 16,6                     | 221,9                           | 232,0                                                                            | + 10,1          | 932,1                           | 990,8  | + 58,7  | 107 |
| Sicker-<br>wasser in<br>Proz. der<br>Nieder-<br>schläge. | 129 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> |                              |                               | 96 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> |                               |                              |                               | 101 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> |                            | 104 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> |                                                                                  |                 | 107 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> |        |         |     |

**III. Versuchsreihe**

mit feinkörnigem Kalksand aus München.

|                                                          |                                 |       |        |                                |       |        |       |                                |       |                                |       |        |                                |       |       |     |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------|-------|--------|--------------------------------|-------|--------|-------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|--------|--------------------------------|-------|-------|-----|
| 1881                                                     | 167,4                           | 99,8  | 63,6   | 303,9                          | 345,6 | + 41,7 | 301,5 | 175,9                          | 128,6 | 167,8                          | 171,3 | + 3,5  | 933,6                          | 786,6 | 147,0 | 84  |
| 1882                                                     | 61,5                            | 70,6  | + 9,1  | 167,9                          | 188,3 | + 15,4 | 439,3 | 324,6                          | 114,7 | 286,8                          | 290,4 | + 3,6  | 955,5                          | 868,9 | 86,6  | 90  |
| 1883                                                     | 179,2                           | 267,2 | + 88,0 | 172,9                          | 113,7 | 59,2   | 402,0 | 404,2                          | + 2,2 | 249,3                          | 212,9 | 36,4   | 1003,4                         | 998,0 | 5,4   | 99  |
| 1884                                                     | 128,2                           | 227,2 | + 99,0 | 155,0                          | 140,2 | 14,8   | 368,8 | 269,8                          | 99,5  | 183,8                          | 201,7 | + 17,9 | 895,9                          | 838,4 | + 2,5 | 100 |
| 4 jähriges<br>Mittel:                                    | 131,6                           | 164,9 | + 33,3 | 200,0                          | 195,7 | 4,9    | 378,7 | 298,5                          | 85,2  | 221,9                          | 219,1 | 2,8    | 932,1                          | 872,9 | 59,2  | 94  |
| Sicker-<br>wasser in<br>Proz. der<br>Nieder-<br>schläge. | 125 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> |       |        | 98 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> |       |        |       | 77 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> |       | 98 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> |       |        | 94 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> |       |       |     |

**IV. Versuchsreihe**  
mit lößartigem Lehm Boden von München.

| Jahrgänge.                                                         | Meteorologische Jahreszeiten. |                              |                 |                               |                              |                 |                               |                              |                 |                               |                              |                 | Von den Nieder-<br>schlägen durch den<br>Boden in Pro-<br>zenten. |                                        |                           |                 |
|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------|-----------------|
|                                                                    | Winter.                       |                              |                 | Frühjahr.                     |                              |                 | Sommer.                       |                              |                 | Herbst.                       |                              |                 |                                                                   | Jahressumme                            |                           |                 |
|                                                                    | Nieder-<br>schlags-<br>menge. | Sicker-<br>wasser-<br>menge. | Dif-<br>ferenz. | Nieder-<br>schlags-<br>menge. | Sicker-<br>wasser-<br>menge. | Dif-<br>ferenz. | Nieder-<br>schlags-<br>menge. | Sicker-<br>wasser-<br>menge. | Dif-<br>ferenz. | Nieder-<br>schlags-<br>menge. | Sicker-<br>wasser-<br>menge. | Dif-<br>ferenz. |                                                                   | der<br>Nieder-<br>schlags-<br>wassers. | des<br>Sicker-<br>ferenz. | Dif-<br>ferenz. |
| 1881                                                               | 157,4                         | 88,1                         | 69,3            | 308,9                         | 89,9                         | 214,0           | 304,5                         | 44,3                         | 260,2           | 167,8                         | 58,8                         | 109,0           | 933,6                                                             | 281,1                                  | 652,5                     | 80              |
| 1882                                                               | 61,5                          | 26,2                         | 35,3            | 167,9                         | 29,2                         | 138,7           | 439,3                         | 182,0                        | 317,3           | 286,8                         | 162,4                        | 124,4           | 965,5                                                             | 339,8                                  | 616,7                     | 36              |
| 1883                                                               | 179,2                         | 97,7                         | 81,5            | 172,9                         | 45,7                         | 127,2           | 402,0                         | 203,5                        | 198,5           | 249,3                         | 118,8                        | 130,5           | 1008,4                                                            | 465,7                                  | 537,7                     | 46              |
| 1884                                                               | 128,2                         | 134,1                        | +5,9            | 155,0                         | 71,9                         | 83,1            | 368,8                         | 204,9                        | 163,9           | 183,8                         | 111,0                        | 72,8            | 885,9                                                             | 521,9                                  | 314,0                     | 62              |
| 4<br>jähriges<br>Mittel:                                           | 131,6                         | 86,5                         | 45,1            | 199,9                         | 59,2                         | 140,7           | 378,7                         | 143,7                        | 235,0           | 221,9                         | 112,7                        | 109,2           | 932,1                                                             | 402,1                                  | 530,0                     | 43              |
| Sicker-<br>wasser in<br>Proz. der<br>Nieder-<br>schlags-<br>menge. | 66%                           |                              |                 | 30%                           |                              |                 |                               | 39%                          |                 |                               | 51%                          |                 |                                                                   | 43%                                    |                           |                 |

**V. Versuchsreihe**  
mit schwarzer Moerde aus Aibling (Oberbayern).

|                                                                    |       |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |       |       |    |
|--------------------------------------------------------------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|----|
| 1881                                                               | 157,4 | 82,2  | 75,2 | 303,9 | 174,4 | 129,5 | 304,5 | 148,7 | 155,8 | 167,8 | 95,0  | 72,8  | 933,6  | 500,3 | 433,3 | 54 |
| 1882                                                               | 61,5  | 34,4  | 27,1 | 167,9 | 47,5  | 120,4 | 439,3 | 192,0 | 307,3 | 286,8 | 114,9 | 171,9 | 965,5  | 328,8 | 626,7 | 35 |
| 1883                                                               | 179,2 | 80,4  | 98,8 | 172,9 | 32,7  | 140,2 | 402,0 | 139,5 | 372,5 | 249,3 | 71,6  | 177,7 | 1008,4 | 314,2 | 689,2 | 31 |
| 1884                                                               | 128,2 | 100,1 | 28,1 | 155,0 | 44,9  | 110,1 | 368,8 | 112,6 | 256,2 | 183,8 | 52,5  | 131,3 | 885,9  | 310,1 | 526,8 | 37 |
| 4<br>jähriges<br>Mittel:                                           | 131,6 | 74,3  | 57,3 | 199,9 | 74,9  | 125,0 | 378,7 | 130,7 | 248,0 | 221,9 | 88,5  | 138,4 | 932,1  | 363,4 | 568,7 | 39 |
| Sicker-<br>wasser in<br>Proz. der<br>Nieder-<br>schlags-<br>menge. | 56%   |       |      | 37%   |       |       |       | 34%   |       |       | 88%   |       |        | 39%   |       |    |



Eine genauere Besichtigung und Prüfung obiger Daten führt zu folgenden interessanten Ergebnissen:

1. Bei gleicher Zufuhr von Niederschlägen lieferte feinkörniger Quarzsand das meiste Sickerwasser, dann folgte in abnehmender Reihe feinkörniger Kalksand, grobkörniger Quarzsand, lößartiger Lehm und zuletzt Moorerde, welche unter den genannten Bodenarten das größte Wasserfassungsvermögen und die geringste Durchlässigkeit besitzt und durch Verdunstung an die atmosphärische Luft weit mehr Wasserdämpfe abgibt als alle anderen Erden.

2. Entsprechend der Größe und Vertheilung der Niederschläge war die absolute Sickerwassermenge am beträchtlichsten im Sommer, dann folgte der Herbst, hierauf das Frühjahr und zuletzt der Winter; nur beim lößartigen Lehm sickerte im Frühjahr etwas weniger Wasser in die Tiefe als im Winter.

3. Im niederschlagreichen Jahre 1883 ergaben die Quarz- und Kalksandböden auch das meiste Sickerwasser; beim lößartigen Lehmboden läßt sich zwar auch im Allgemeinen ein gewisser Zusammenhang der Niederschlagsmenge mit dem Sickerwasser nachweisen, aber er tritt nicht so deutlich hervor, weil sich bei diesem Boden im Laufe der Zeit durch allmähliches Auswaschen von Kalkkarbonat kleine Kanälchen bildeten, welche die Durchsickerung erleichterten und von Jahr zu Jahr eine Zunahme der Sickerwassermenge veranlaßten. Beim Moorboden war die Abflußmenge im ersten Jahre beträchtlich größer als in den folgenden Jahren, indem das schwammige und poröse Material um so undurchlässiger wurde, je mehr es sich setzte und verdichtete.

4. Im Verhältniß zur Niederschlagshöhe waren die (relativen) Sickerwassermengen bei allen Bodenarten im Winter am größten. Es ist damit aufs Neue erwiesen, daß im Winter schon geringe Niederschläge genügen, um den Boden zu durchfeuchten, weil in Folge der niederen Boden- und Lufttemperatur der Wasserverlust durch Verdunstung ein sehr geringer ist. Das Minimum der relativen Abflußmenge fiel im 4jährigen Durchschnitt bei den Quarzsandböden und beim Lehmboden auf das Frühjahr, beim Kalksand- und Moorboden auf den Sommer — eine Erscheinung, auf die ich später bei der Besprechung der Temperaturverhältnisse genannter Bodenarten zurückkommen werde.

5. Als das auffallendste und wichtigste Ergebnis der vorliegenden Untersuchungen muß die Thatsache bezeichnet werden, daß beim Lehm- und Moorboden der Wasserabfluß stets beträchtlich geringer war als die Niederschlagshöhe, während bei allen feinkörnigen Bodenarten insbesondere im Winter mehr Wasser absickerte, als durch Niederschläge zugeführt wurde. Sehr auffallend tritt diese Erscheinung beim feinkörnigen Quarzsand hervor, der in 1 m Tiefe im 4jähr. Mittel im Winter um 29 Proz., im Sommer und Herbst um 4 Proz., im Jahresdurchschnitt um 7 Proz. mehr Wasser lieferte, als er von oben erhielt. Beim feinkörnigen Kalksand kam diese Erscheinung nur im Winter vor, wo das Sickerwasser die Niederschlagshöhe durchschnittlich um 25 Proz. übertraf; beim grobkörnigen Quarzsand machte sich ein Ueberschuß der Sickerwassermenge nur im Winter der beiden letzten Jahre geltend; er betrug im Jahre 1883 10 Proz., im Jahre 1884 14 Proz. der Niederschlagshöhe.

Zu Folge dieser Beobachtungen sickerte von den Niederschlägen im 4jährigen Durchschnitt

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| im Moorboden             | 39 Proz., |
| „ Leimboden              | 43 „ ,    |
| „ grobkörnigen Quarzsand | 86 Proz., |
| „ feinkörnigen Kalksand  | 84 „      |

in 1 m Tiefe ab, während beim feinkörnigen Sand im Vergleich zur Niederschlagshöhe sich ein Ueberschuß von 7 Proz. ergab.

Mit Ausnahme des schwammigen, im feuchten Zustande stark aufquellenden Moorbodens hat sich die relative Abflußmenge von Jahr zu Jahr gesteigert, was sich dadurch erklärt, daß das einsickernde Wasser mit der Zeit kleine Kanälchen im Boden bildete, welche den Transport des Wassers nach unten erleichterten.

Fragen wir nach der Ursache der Vermehrung des Sickerwassers bei den feinkörnigen Bodenarten, so liegt die Annahme am nächsten, daß in den Behältern ein seitlicher oder oberirdischer Wasserzufluß stattgefunden habe. Es wurde aber gleich vom Beginn der Versuche an diesem Umstande ganz besondere Aufmerksamkeit und Sorgfalt zugewendet und es konnte auch nach der Beendigung der Versuche und Entleerung der Gruben nicht die geringste Beschädigung an den zementirten, nahezu  $\frac{1}{2}$  m dicken Zwischenwänden wahrgenommen werden. Den schlagendsten

Beweis für die normale Funktion der Behälter liefert aber die Thatsache, daß dieselbe Vorrichtung, ohne die geringste Veränderung zu erleiden, in den Jahren 1886 und 1887 zu den oben erwähnten, bereits veröffentlichten Versuchen über den Einfluß lebender und tochter Bodendecken auf den Wassergehalt und auf die Sickerwassermengen in humusreicher Gartenerde benutzt worden sind, wo niemals eine Vermehrung, sondern im Gegentheil eine sehr auffallende Verminderung der Abflußmenge im Vergleich zur Niederschlagshöhe beobachtet wurde. Es sind im Jahre 1886 in Summa 957,95 mm, im Jahre 1887 (bis zum Dezbr.) 634,15 mm Niederschläge gefallen. Davon sickerten durch die vegetationslose (nackte) humusreiche Gartenerde im Jahre 1886 nur 5,1, im trockenen Jahre 1887 sogar nur 3,5 Proz. Wasser<sup>1)</sup>.

Obgleich wir nach diesen Erfahrungen zu der Annahme berechtigt sind, daß bei den in Rede stehenden Untersuchungen eine Vermehrung der Abflußmenge durch seitlichen oder oberirdischen Wasserzufluß nicht stattgefunden hat, trotzdem beabsichtige ich im Hinblick auf die große Bedeutung der daraus sich ergebenden Schlußfolgerungen, die Versuche mit den nämlichen Materialien in den nächsten Jahren zu wiederholen, die Seitenwände frisch zementiren und schließlich mit verzinntem Eisen- oder Zinkblech ausschlagen zu lassen, weil möglicherweise doch durch den Winterfrost feine Haarrisse gebildet wurden, die dem Auge entgingen.

Vorläufig ist kein Grund vorhanden, daran zu zweifeln, daß der im feinkörnigen Quarz- und Kalksandboden konstatierte jährliche geringe Ueberschuß des Sickerwassers gegenüber der Niederschlagshöhe durch Kondensation von atmosphärischen Wasserdämpfen im Boden entstanden sei. Eine solche Wasserbildung kann ähnlich wie bei der Thauerscheinung eintreten, wenn Luft von hohem Sättigungsgrade unter den Thaupunkt abgekühlt wird. Je leichter und lebhafter der Luftwechsel im Boden vor sich geht und je stärker die Bodenluft abgekühlt wird, um so günstiger sind die Verhältnisse für die Wasserkondensation. Auf diese Weise würde sich erklären, warum diese Erscheinung nur in den stark durchlüfteten Bodenarten mit körniger Struktur und vorzugsweise im Winter

<sup>1)</sup> Vergleiche meine Untersuchungen über den „Einfluß des Waldes etc. auf die Bodenfeuchtigkeit und Sickerwassermengen“ im letzten Jahrgang dieser Zeitschrift.

vorkam. Feinkörniges Bodenmaterial ist geeigneter als grobkörniges, weil ersteres der durchstreichenden Bodenluft eine größere Gesamtoberfläche darbietet als dieses. Im Winter, wo die äußere atmosphärische Luft kälter und schwerer ist als die Bodenluft, findet der Luftwechsel und die Ventilation im Boden viel leichter statt als in der wärmeren Jahreszeit. Es nimmt im Winterhalbjahr bekanntlich die Temperatur des Bodens von oben nach unten stetig zu, bis in einer gewissen Tiefe (in unserem Klima bei ca. 20 bis 30 m) die Wärmeverhältnisse konstant bleiben und der mittleren Jahrestemperatur des Beobachtungsortes entsprechen. Wenn daher im Winter die äußere, kältere und schwerere Luft in die Zwischenräume des Bodens eindringt, verdrängt sie die wärmere und leichtere Bodenluft, welche an geeigneten Stellen der Bodenoberfläche ausströmt und in die Atmosphäre übergeht. Dieser Luftaustausch erfolgt natürlich in körnigen Bodenarten mit größeren Zwischenräumen (in Quarzsand- und Kalksandböden) viel leichter und bis zur größeren Tiefe als im feinporigen Lehm- und Moorboden. Die von außen eingetretene kalte und feuchte Winterluft erwärmt sich im Boden mehr und mehr und sättigt sich allmählich mit Wasserdampf. Wird sie nun in Folge des Luftwechsels wieder verdrängt, so gelangt sie beim Aufsteigen in immer kältere Bodenschichten, und es muß eine entsprechende Menge von Wasserdämpfen kondensiert und in Form von Wassertropfen ausgeschieden werden, ähnlich wie man es bei der Thaubildung oder bei der Destillation im Kühlapparat wahrnehmen kann. Ist der Boden in den obersten Schichten gefroren, so setzt sich der verdichtete Wasserdampf in fester Gestalt ab.

Im Sommer, wo die Grundluft mit zunehmender Tiefe (bis zur Grenze der konstanten Temperatur) immer kälter und schwerer wird, setzt die Bodenluft dem Eindringen der wärmeren und leichteren atmosphärischen Luft einen großen Widerstand entgegen.

Ebenso wie in Höhlen, die mit der Atmosphäre korrespondieren, vorhandene kalte Luft durch warme Sommerluft sehr schwer verdrängt wird, ist auch die Lüfterneuerung im Boden während der warmen Jahreszeit viel schwieriger als im Winter. Die Ventilation beschränkt sich mehr auf die oberen Bodenschichten und wird theils durch Diffusion, theils durch eindringenden Regen und durch die über den Boden hinstreichenden Winde und Stürme veranlaßt. Eine Kondensation atmosphärischer Wasser-

dämpfe könnte im Sommer nur in wolkenlosen Nächten durch Eindringen der kälteren Luft in die wärmeren tieferen Bodenregionen stattfinden. Da dies aber sehr erschwert ist, muß auch die Wasserbildung eine sehr geringe sein. In der That geht aus unseren Versuchen hervor, daß im Sommer nur beim feinkörnigen Quarzsand eine Sickerwasserzunahme von 4 Prozent stattfand, bei allen andern Bodenarten aber die Abflußmenge geringer war als die Niederschlagshöhe.

Die Bildung von Kondensationswasser aus atmosphärischem Wasserdampf durch Abkühlung läßt sich im Quarzsand auch experimentell nachweisen. Dr. *Giseler* that dies auf folgende Weise<sup>1)</sup>:

Ein unten mit Metall verschlossener, 49 mm weiter, oben offener Glaszylinder wurde senkrecht in ein Blechgefäß gestellt und dann 79 mm hoch mit reinem, lufttrockenem Quarzsande gefüllt. Hierauf wurde Eis in das Blechgefäß geworfen und so viel Wasser nachgegossen, daß die im Zylinder enthaltene Sandsäule bis zu einer Höhe von 18,5 cm von Eiswasser umgeben war. Dieser Zustand wurde 40 Stunden lang erhalten. Während des Versuches beschlug sich das Blechgefäß so stark, daß das Kondensationswasser beständig in Tropfen herabließ; der mittlere Thaupunkt der Zimmerluft wurde zu 4,5° C. gefunden. Die innerhalb der Versuchszeit im Sande niedergeschlagene Feuchtigkeitsmenge betrug nach genauer Ermittlung per kg Sand 1,2 gr. Diese scheinbar geringfügige Menge von Kondensationswasser genügt vollständig zur Erklärung der bei unseren Versuchen im Großen gefundenen Quantitäten. Bei einer Fläche von 4 qm und einer Höhe von 1 m berechnet sich der Kubikinhalt auf 4 cbm, das Gewicht des Sandes (bei einem spec. Gew. von 1,33) auf 5320 kg. Die Wassermenge, die sich unter den Verhältnissen der *Giseler*'schen Versuche in dieser Sandmasse bilden würde, beträgt in 40 Stunden 6,38 kg, in den 8760 Stunden eines Jahres 1397,2 kg = 1,4 cbm. Denkt man sich dieses Quantum auf eine Fläche von 4 qm vertheilt, so würde die Höhe desselben 350 mm erreichen.

Die mittlere jährliche Niederschlagshöhe in München berechnete sich in den 4 Versuchsjahren (1881—84) im Mittel auf 932 mm; mithin würde das im Sande durch künstliche Abkühlung niedergeschlagene Wasser im Vergleich zur Niederschlagshöhe 37 Proz. oder nahezu  $\frac{2}{5}$  der Nieder-

<sup>1)</sup> „Berggeist“ 1878, Nr. 63.

schläge betragen. Unsere Durchsickerungsversuche ergaben beim feinkörnigen Sand unter den günstigsten Verhältnissen (im Winter) im Mittel 29 Proz. Kondensationswasser. Diese Uebereinstimmung ist in hohem Grade überraschend und dürfte wiederum als Beweis gelten, daß in der Natur unter günstigen Temperaturverhältnissen in feinkörnigen Bodenarten durch Kondensation von Wasserdämpfen wirklich eine kleine Vermehrung der Sickerwassermenge erfolgen kann. Der geringe Unterschied zwischen dem experimentellen Versuch und den Beobachtungsergebnissen im Großen dürfte sich dadurch erklären, daß unter natürlichen Verhältnissen die Temperaturdifferenzen zwischen Boden und äußerer Luft in der Regel nicht so groß sind und konstant bleiben wie beim *Giseler'schen* Versuche. Ferner ist zu berücksichtigen, daß durch Verdunstung in den oberen Bodenschichten immer ein Theil des Wassers verloren geht und daß deshalb in Wirklichkeit die Erhöhung der Abflußmenge über die Niederschlagshöhe mehr als 29 Proz. betragen würde.

*E. Wollny* hat in den Jahren 1875 und 1876 vom Mai bis Ende Oktober ebenfalls Untersuchungen über die Sickerwassermengen in Lehm (von München), in Quarzsand (von Nürnberg) und in grobpulverigem Torf (von Schleißheim) durchgeführt<sup>1)</sup>. Es ergab sich, daß auch hier der Sand das meiste Wasser nach unten ergab, dann folgte Torf und zuletzt Lehm. Ausnahmslos waren aber die Sickerwassermengen geringer als die Niederschläge. Beim Sand berechnete sich die Sickerwassermenge in Proz. der Niederschläge zu 65,9, beim grobpulverisirten Torf zu 40,8 und beim Lehm zu 34,5. Unsere Versuche ergaben für feinpulverige Moorerde (von Aibling) 39 Proz. und für lößartigen poröseren Lehm 43 Proz. Sehr verschieden verhielt sich aber der Quarzsand. Nach *Wollny's* Angaben lieferten je 100 mm Niederschläge bei Quarzsand 66 mm Sickerwasser, während wir von derselben Niederschlagshöhe im vierjährigen Mittel bei feinkörnigem Quarzsand 85 mm erhielten. Diese Differenzen sind aber leicht erklärbar, wenn man berücksichtigt, daß *Wollny* zu seinen Beobachtungen nur Lysimeter von 1000 qcm ( $\frac{1}{10}$  qm) Querschnitt und 50 cm Höhe verwendete und als Bodenmaterial ziemlich grobkörnigen Quarzsand benutzte. Er hat auch die Untersuchungen

<sup>1)</sup> Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik. 11. Bd. 1888. Erstes Heft.

gerade in jener Jahreszeit, wo das meiste Kondensationswasser gebildet wurde (im Winter), unterbrochen und die Lysimeter nicht in den Boden eingegraben, also unter ganz anderen Temperaturverhältnissen beobachtet als wir bei unseren Versuchen im Großen.

Auf das Wasserkondensationsvermögen des feinkörnigen Sandes weist auch eine Erfahrung hin, die Jedermann im Sommer leicht beobachten kann. Wenn man bei trockenem Wetter und großer Hitze selbst an Standorten, wo die direkten Sonnenstrahlen kräftig wirken können, einen feinkörnigen Sandboden oder einen Sandhaufen näher untersucht, so wird man immer finden, daß derselbe schon in mäßiger Tiefe eine auffallende Frische besitzt, was unter gleichen Verhältnissen beim grobkörnigen Sand nicht vorkommt. In Folge des lebhaften Luftwechsels, welcher während heller Sommernächte, wo die äußere Luft kälter ist als die Bodenluft, vor sich geht, findet nach obiger Darlegung wahrscheinlich eine Verdichtung der Wasserdämpfe auch im Innern des Bodens statt. Wäre dies nicht der Fall, so müßte feinkörniger Sand bei anhaltend trockener Witterung schneller und viel tiefer austrocknen, als die Beobachtung und Erfahrung lehrt. Für die Pflanzenkultur ist diese Eigenschaft des feinkörnigen Sandes von großer Bedeutung; es erklärt sich dadurch die größere natürliche Fruchtbarkeit desselben im Vergleich zu grobkörnigem Sand und zu Kies. Bei der Verdichtung der atmosphärischen Wasserdämpfe scheinen im Boden auch Nitrate niedergeschlagen zu werden, die den Pflanzen zur Ernährung dienen. Es geht dies aus der Beobachtung hervor, daß die Sickerwasser, welche feinkörniger Quarz- und Kalksand geliefert haben, sich immer durch auffallend hohen Gehalt an Nitraten auszeichneten, trotzdem das Bodenmaterial vollständig frei von Humus war.

Durch die erwähnte Eigenschaft des feinkörnigen Sandes dürfte sich auch erklären, warum selbst regenlose Sandwüsten das Grundwasser nicht entbehren, während in regenarmen Gegenden mit thonreichen Böden Grundwasser und Quellen fehlen.

Kehren wir nun schließlich wieder zu der Eingangs erwähnten *Volger'schen* Quellentheorie zurück. Es ist durch obige Versuchsreihe jedenfalls der Nachweis geliefert, daß das von *Otto Volger* aufgestellte Dogma „Kein Wasser in der Erde rührt vom Regen her“ auf falscher Grundlage beruht; je nach Bodenbeschaffenheit und Jahreszeit sickert immer ein größerer oder geringerer Theil der Niederschläge bis über

1 m Tiefe ab; feinkörnige Sand- und Kalkböden scheinen sogar das Vermögen zu besitzen, unter günstigen Verhältnissen durch Verdichtung atmosphärischer Wasserdämpfe die jährliche Sickerwassermenge noch um einen kleinen Betrag zu erhöhen. Die unterirdischen Wasserreservoirs werden somit zweifellos zum größten Theile durch die oberirdischen Niederschläge gespeist. Das Eindringen des Wassers bis zum Grundwasserspiegel kann von 1 m Tiefe an um so leichter stattfinden, als es in dieser Region gegen direkte Verdunstung geschützt ist und die tieferen Bodenschichten selbst im Sommer mit Wasser um so vollkommener kapillarisch gesättigt sind, je mehr sie sich dem Grundwasser nähern. Alles von oben zugeführte überschüssige Wasser muß deshalb in diesen Tiefen (Kapillarzone) abtropfen.

Zu den Bodenbestandtheilen, welche neben Thon fast alle Niederschläge aufsaugen und nach unten sehr wenig Wasser abgeben, ist nach unsern Versuchen vor Allem Humus zu rechnen. Eine 1 m mächtige humusreiche Gartenerde lieferte im Vergleich zur Niederschlagshöhe im Sommer und Herbst nur 3,2, im Frühjahr 5,7 und im Winter 7,1 Proz. Sickerwasser. Wäre daher unsere Erde überall mit einem Meter hohen, humusreichen Boden bedeckt, so wären die unterirdischen Wasseransammlungen allerdings so gering, daß die Quellen nur ein kümmerliches Dasein fristen könnten; sie wären hauptsächlich auf Kondensationswasser angewiesen, das aber selbst unter den günstigsten Verhältnissen nur in geringer Menge erzeugt werden kann. Ständig fließende Quellen müßten dann überhaupt fehlen.

Humus in Form von Moorerde läßt zu Folge obiger Versuche etwa 39 Proz. der Niederschläge in größere Tiefen abfließen. Fein zertheilter, mit mineralischer Erde gemischter Humus besitzt somit eine viel größere Wasserkapazität als reine Moorerde; er trägt zur Erhöhung und Erhaltung der Bodenfeuchtigkeit weit mehr bei als irgend ein anderer Bodenbestandtheil, vermindert aber in gleichem Maße den Wasserabfluß nach unten. Je mehr daher der Humusgehalt im Boden durch fortschreitende Kultur sich erhöht und je mehr der Anbau stark transpirirender Kulturgewächse an Ausdehnung gewinnt, um so mehr Bodenfeuchtigkeit wird durch Verdunstung der Atmosphäre zugeführt und um so geringer muß der Wasserabfluß in der Tiefe werden und um so fühlbarer wird sich eine Abnahme des Quellenreichtums bemerkbar



machen. Es ist dies eine durch obige Versuche zweifellos festgestellte Thatsache.

Am günstigsten für die Speisung der Quellen sind die lockeren Sand-, Kies- und Geröllböden, einen ungünstigeren Einfluß haben Thon-, Lehm-, Torf- und Moorböden. Bei der Bildung der Quellen kommen aber noch so viele andere Faktoren in Betracht, daß aus der Bodenbeschaffenheit allein keineswegs auf den Quellenreichtum einer Gegend geschlossen werden kann. Verfasser wird in nächster Zeit Gelegenheit haben, auf die Wald-, Quellen- und Wasserfrage näher zurückzukommen.

## II. Untersuchungen über die Bedeutung des Humus als Bodenbestandtheil und über den Einfluß des Waldes, verschiedener Bodenarten und Bodendecken auf die Zusammensetzung der Bodenluft.

Von Prof. Dr. E. Ebermayer in München.

Schon früher habe ich durch zahlreiche Untersuchungen nachgewiesen, daß der Wald weder auf den Sauerstoff<sup>1)</sup> — und Kohlensäure —<sup>2)</sup> noch auf den absoluten Feuchtigkeitsgehalt<sup>3)</sup> der Waldluft einen wesentlichen Einfluß ausübt, weil die Ausgleichung und Vermischung der von den Blättern ausgeathmeten Gase und Dämpfe mit der äußeren Atmosphäre so rasch vor sich geht, daß unter natürlichen Verhältnissen die durch die physiologisch-chemischen Vorgänge der Blätter (Assimilation, Athmung und Transpiration) bedingte Einwirkung auf die Zusammensetzung der Luft sich nicht mehr erkennen läßt.

Nur der relative Feuchtigkeitsgehalt (der Sättigungsgrad) der Waldluft ist während der wärmeren Jahreszeit in Folge ihrer niederen Temperatur größer als der der Landluft; ebenso ist am Waldessaume und unmittelbar über den Baumkronen die Luft ozonreicher als auf einer waldlosen Bodenfläche.

<sup>1)</sup> Forstwissensch. Centralblatt. 8. Jahrg. (1886.) S. 265.

<sup>2)</sup> „Die Beschaffenheit der Waldluft.“ Stuttgart. Ferd. Enke. 1885.

<sup>3)</sup> „Die physikal. Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden etc.“ Aschaffenburg. C. Krebs. 1873.

Für das Pflanzenleben hat aber die im Boden enthaltene Luft dieselbe Bedeutung wie die freie Atmosphäre; denn ebenso wie die oberirdischen Pflanzentheile müssen auch die Wurzeln von einer sauerstoffhaltigen Luft umgeben sein, um athmen zu können, und ein gewisser Kohlensäurereichthum derselben ist nothwendig, damit das Wasser die vorhandenen unlöslichen mineralischen Nährstoffe aufschließen und in Lösung bringen kann. Durch diese chemische Thätigkeit vermittelt und begünstigt die Kohlensäure die Zubereitung der mineralischen Nährstoffe im Boden; ohne Gegenwart derselben ist den Wurzeln die Aufnahme der Nährsalze in hohem Grade erschwert, ja zum Theil unmöglich gemacht. Der absolut nothwendige Luftzutritt in den Boden wird durch die vielen größeren und kleineren Hohlräume (Poren) vermittelt, welche durch Aneinanderlagerung der gröbereren und feineren Erdtheilchen entstehen. Ist diese Durchlüftung durch stagnirendes Wasser (Nässe) oder durch zu dichte Struktur des Bodens gebemmt, so entwickeln sich die Kulturpflanzen kümmerlich oder gehen ganz zu Grunde.

Im Boden finden aber zahlreiche chemische Vorgänge statt, durch welche die Zusammensetzung der von außen eingetretenen atmosphärischen Luft eine fortwährende Veränderung erleidet. So wird z. B. durch die Athmung der zahllosen, nach allen Seiten verzweigten Wurzelfasern und durch die Athmung der keimenden Samen, dann vorzugsweise aber durch die Verwesung von Humus und anderen organischen Stoffen der Grundluft unausgesetzt Sauerstoff entzogen und dafür ein gleiches Volumen Kohlensäure an dieselbe abgegeben. Sauerstoffverbrauch findet auch bei der Verwitterung (Oxydation) eisenoxydul- und schwefelkieshaltiger Gesteinstrümmen statt; beträchtliche Kohlensäuremengen werden von den eindringenden Niederschlägen absorbirt und zur chemischen Zersetzung (Aufschließung) gewisser Silikate, auch zur Auflösung von Phosphaten, Kalk-, Magnesia- und Eisenoxydul-Karbonaten benutzt.

Diese verschiedenen chemischen Vorgänge bewirken, daß die Bodenluft stets sauerstoffärmer und kohlensäurereicher ist als die freie atmosphärische Luft. Wäre sie vom äußeren Luftmeere ganz abgeschlossen, würde sie nicht durch Diffusion, Temperaturdifferenz, durch die über den Boden hinstreichenden Winde und Stürme und durch den eindringenden Regen zeitweise wieder ausgetrieben und durch neue Luft von außen ersetzt, so müßte allmählich eine solche Sauerstoffarmuth und Kohlen-

säurezunahme eintreten, daß das Pflanzen-, bezw. Wurzelleben gefährdet wäre. Dieser Luftwechsel findet in den tieferen Bodenschichten viel langsamer und schwieriger statt als in den oberen Regionen. Dadurch erklärt es sich, warum die Bodenluft um so sauerstoffärmer und kohlen-säurereicher wird und in ihrer Zusammensetzung von der atmosphärischen Luft um so mehr abweicht, in je größeren Tiefen sie sich befindet. In lockeren und grobkörnigen Bodenarten (Sand-, Kies-, Geröllboden) mit starker und lebhafter Ventilation ist die Differenz mit zunehmender Tiefe viel geringer als in dichten und feinkörnigen Bodenarten (Lehm- und Thonboden).

Für das Pflanzenleben ist es am zuträglichsten, wenn die Luft in der Wurzelregion sauerstoffreich ist, aber gleichzeitig möglichst viel Kohlensäure enthält, damit das Bodenwasser im Stande ist, die vorhandenen unlöslichen oder schwerlöslichen (absorbirten) mineralischen Nährstoffe den Haarwürzelchen leicht zugänglich zu machen. Mit dem Wasser und den gelösten Nährsalzen wird den Blättern auch eine bestimmte Menge freier Kohlensäure aus dem Boden zugeführt, die aber, wie es scheint, zur Assimilation nicht verwendet wird. Denn bringt man eine im Dunkeln erwachsene Topfpflanze mit gelben und vollkommen stärkefreien Blättern unter einer Glasglocke in eine vollständig kohlen-säurefreie Atmosphäre und setzt sie dem Sonnenlichte aus, so färben sich die Blätter allmählich grün, aber es bildet sich keine Stärke, trotzdem die Wurzeln in einem Boden sich befinden, der freie Kohlensäure enthält. Entfernt man die Glasglocke und läßt atmosphärische Luft Zutreten, so wird alsbald Kohlen-säure zersetzt und man kann schon nach einigen Stunden in den Blättern Stärkemehl nachweisen. Ein Zuschuß von Kohlensäure aus dem Boden scheint also für die Assimilation der Pflanzen entbehrlich zu sein. Durch Wasserkulturversuche läßt sich in der That nachweisen, daß die grünen Pflanzen ihren gesammten Kohlensäurebedarf mittelst ihrer Blätter aus der atmosphärischen Luft aufzunehmen vermögen. Aber trotzdem bildet die freie Kohlensäure im Boden, wie erwähnt, als Zubereitungs- und Lösungsmittel der mineralischen Nährstoffe, einen sehr beachtenswerthen Produktionsfaktor der Pflanzen.

Diese Erwägungen veranlaßten mich, durch umfangreiche und längere Zeit fortgesetzte Versuchsreihen festzustellen, welchen Einfluß die verschiedenen Bodenarten, der Wald und andere lebende oder leblose Boden-

decken unter natürlichen Verhältnissen auf den Kohlensäuregehalt der Bodenluft haben.

Die Untersuchungen begannen schon im Jahre 1877 und wurden mit kleinen Unterbrechungen gemeinschaftlich mit meinen jeweiligen Assistenten bis in die letzten Jahre fortgesetzt. Durch in den Boden senkrecht eingebohrte Blei- oder Eisenröhren — von der Dicke der Gasleitungsrohre — wurde die Bodenluft mittelst eines Aspirators aus den entsprechenden Tiefen gesaugt, in Flaschen von ca. 500 ccm Inhalt gesammelt und der Kohlensäuregehalt nach der bekannten *v. Pettenkofer'schen Methode*<sup>1)</sup> bestimmt. Bei den späteren Analysen ist auch der Sauerstoffgehalt nach der *Lindemann'schen Phosphorabsorptionsmethode* ermittelt worden, die sich für diese Zwecke vorzüglich eignet<sup>2)</sup>.

Jeder Versuchsfläche wurden monatlich 3—4 Luftproben entnommen und aus den Ergebnissen die Monatsmittel berechnet.

#### *A. Untersuchungen über den Einfluß verschiedener Bodenarten auf den Kohlensäuregehalt der Bodenluft.*

##### I. Versuchsreihe im Garten der k. forstl. Versuchsanstalt an der Universität München.

Diese Untersuchungen geschahen gleichzeitig mit den oben beschriebenen Beobachtungen über die Sickerwassermengen verschiedener Bodenarten. Die dort näher charakterisirten Erdarten befanden sich in zementirten Gruben von 4 qm Fläche und 120 cm Tiefe. Von Juni 1881 bis Juni 1883 beschränkten sich die Analysen auf die Bodenluft in 70 cm Tiefe, vom Juni 1883 bis 1884 wurden sie auch auf 15 cm Tiefe ausgedehnt.

<sup>1)</sup> Vergl. meine Broschüre: „Die Beschaffenheit der Waldluft“. Stuttgart. 1885. S. 6.

<sup>2)</sup> Vergl. meine „Untersuchungen über den Sauerstoffgehalt der Waldluft“. a. a. O.

Tabelle 1.

**Kohlensäuregehalt der Bodenluft in 70 cm Tiefe.**

1000 Vol. (1 Liter) Bodenluft enthielten Vol. (ccm) Kohlensäure  
(auf 0° und 760 mm Luftdruck reducirt)

| Jahre und Monate. |                     | in weiß-<br>grauem<br>grobkörn.<br>Quarzsand. | in rothem<br>feinkörn.<br>Quarzsand. | in<br>feinkörn.<br>Kalksand. | in löß-<br>artigem<br>Lehm. |
|-------------------|---------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 1881              | Juni . . . . .      | 5,28                                          | 3,74                                 | 8,70                         | 7,96                        |
|                   | Juli . . . . .      | 10,90                                         | 7,03                                 | 17,69                        | 14,71                       |
|                   | August . . . . .    | 5,47                                          | 5,14                                 | 9,37                         | 12,96                       |
|                   | September . . . . . | 5,82                                          | 3,46                                 | 10,42                        | 10,88                       |
|                   | November . . . . .  | 1,10                                          | 1,15                                 | 2,64                         | 4,29                        |
|                   | Dezember . . . . .  | 0,96                                          | 0,78                                 | 1,65                         | 3,02                        |
| 1882              | Januar . . . . .    | 0,59                                          | 0,72                                 | 1,10                         | 2,50                        |
|                   | Februar . . . . .   | 0,65                                          | 0,82                                 | 1,98                         | 2,47                        |
|                   | März . . . . .      | 0,86                                          | 0,87                                 | 2,76                         | 3,19                        |
|                   | April . . . . .     | 1,48                                          | 1,55                                 | 2,77                         | 3,83                        |
|                   | Juni . . . . .      | 3,02                                          | 3,77                                 | 5,49                         | 5,78                        |
|                   | Juli . . . . .      | 7,22                                          | 5,63                                 | 9,64                         | 12,16                       |
|                   | August . . . . .    | 7,28                                          | 5,97                                 | 11,27                        | 9,79                        |
|                   | September . . . . . | 7,45                                          | 6,25                                 | 13,86                        | 10,81                       |
|                   | Oktober . . . . .   | 2,67                                          | 2,47                                 | 5,90                         | 6,64                        |
|                   | November . . . . .  | 1,21                                          | 1,32                                 | 2,30                         | 4,23                        |
|                   | Dezember . . . . .  | 0,82                                          | 1,26                                 | 0,91                         | 3,91                        |
|                   | 1883                | Januar . . . . .                              | 0,86                                 | 0,83                         | 1,72                        |
| Februar . . . . . |                     | 0,85                                          | 1,03                                 | 1,76                         | 1,98                        |
| März . . . . .    |                     | 0,91                                          | 1,26                                 | 2,09                         | 2,07                        |
| Mai . . . . .     |                     | 3,69                                          | 2,92                                 | 4,97                         | 4,92                        |

Zusammenstellung nach den meteorologischen Jahreszeiten.

|                         |                    |      |      |       |       |
|-------------------------|--------------------|------|------|-------|-------|
| 1881                    | Sommer . . . . .   | 7,22 | 5,30 | 11,92 | 11,88 |
|                         | Herbst . . . . .   | 3,46 | 2,30 | 6,53  | 5,06  |
|                         | Winter . . . . .   | 0,77 | 0,77 | 1,58  | 2,66  |
| 1882                    | Frühjahr . . . . . | 1,17 | 1,21 | 2,76  | 3,51  |
| Jahresmittel . . . . .  |                    | 3,15 | 2,39 | 5,69  | 5,78  |
| 1882                    | Sommer . . . . .   | 5,84 | 5,12 | 8,80  | 9,24  |
|                         | Herbst . . . . .   | 3,77 | 3,35 | 7,35  | 7,23  |
|                         | Winter . . . . .   | 0,84 | 1,04 | 1,46  | 2,63  |
| 1883                    | Frühjahr . . . . . | 2,30 | 2,09 | 3,53  | 3,49  |
| Jahresmittel . . . . .  |                    | 3,19 | 2,90 | 5,28  | 5,65  |
| 2jähr. Mittel . . . . . |                    | 3,17 | 2,64 | 5,48  | 5,71  |

Tabelle 2.

**Kohlensäuregehalt der Bodenluft in 70 und 15 cm Tiefe.**

1000 Vol. (1 Liter) Bodenluft enthielten Vol. (ccm) Kohlensäure:

| Jahre und Monate. |              | WeiÙgrauer grobkörn. Quarzsand |                 | Rother feinkörn. Quarzsand |                 | Feinkörn. Kalksand |                 | Lößartiger Lehm |                 | Moorboden       |                 |
|-------------------|--------------|--------------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                   |              | in 70 cm Tiefe.                | in 15 cm Tiefe. | in 70 cm Tiefe.            | in 15 cm Tiefe. | in 70 cm Tiefe.    | in 15 cm Tiefe. | in 70 cm Tiefe. | in 15 cm Tiefe. | in 70 cm Tiefe. | in 15 cm Tiefe. |
| 1883              | Juni . . . . | 6,28                           | 1,83            | 5,44                       | 1,85            | 9,86               | 1,42            | 7,95            | 1,11            | 59,42           | 21,96           |
|                   | Juli . . . . | 7,10                           | 2,22            | 7,46                       | 2,40            | 11,85              | 2,72            | 11,20           | 3,23            | 69,67           | 29,43           |
|                   | August . . . | 5,97                           | 1,95            | 6,08                       | 2,28            | 14,54              | 2,93            | 13,20           | 3,26            | 88,48           | 34,80           |
|                   | September .  | 5,77                           | 1,66            | 5,20                       | 1,93            | 10,66              | 2,58            | 12,46           | 2,78            | 69,45           | 26,00           |
|                   | Oktober . .  | 3,72                           | 1,05            | 3,30                       | 1,35            | 7,96               | 2,22            | 9,44            | 1,88            | 93,75           | 17,80           |
|                   | November .   | 1,55                           | 0,58            | 1,96                       | 0,91            | 3,51               | 0,88            | 6,81            | 0,78            | 75,30           | 10,05           |
|                   | Dezember .   | 1,05                           | 0,44            | 1,16                       | 0,65            | 1,77               | 0,60            | 4,19            | 0,71            | 56,90           | 4,20            |
| 1884              | Januar . .   | 0,82                           | 0,42            | 0,99                       | 0,48            | 1,28               | 0,39            | 3,11            | 0,52            | 44,90           | 4,23            |
|                   | Februar . .  | 0,88                           | 0,49            | 1,19                       | 0,63            | 1,73               | 0,71            | 3,61            | 0,73            | 46,80           | 2,95            |
|                   | März . . .   | 1,18                           | 0,73            | 1,43                       | 0,83            | 2,43               | 0,79            | 3,97            | 0,71            | 48,50           | 12,20           |
|                   | April . . .  | 1,60                           | 0,81            | 2,13                       | 1,08            | 3,37               | 0,73            | 5,14            | 0,96            | 52,80           | 12,80           |
|                   | Mai . . . .  | 4,98                           | 1,77            | 4,45                       | 1,63            | 7,88               | 1,57            | 9,45            | 1,76            | 91,95           | 15,40           |
| Jahresmittel      |              | 3,40                           | 1,16            | 3,40                       | 1,33            | 6,36               | 1,46            | 7,54            | 1,54            | 66,49           | 15,90           |

**Zusammenstellung nach den meteorologischen Jahreszeiten.**

|              |              |      |      |      |      |       |      |       |      |       |       |
|--------------|--------------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|-------|-------|
| 1883         | Sommer . .   | 6,45 | 2,00 | 6,32 | 2,18 | 12,18 | 2,35 | 10,78 | 2,53 | 72,52 | 23,72 |
|              | Herbst . . . | 3,68 | 1,09 | 3,48 | 1,39 | 7,38  | 1,89 | 9,57  | 1,80 | 79,52 | 17,95 |
|              | Winter . . . | 0,91 | 0,45 | 1,44 | 0,58 | 1,59  | 0,57 | 3,63  | 0,65 | 49,53 | 3,79  |
| 1884         | Frühjahr . . | 2,57 | 1,10 | 2,67 | 1,18 | 4,36  | 1,03 | 6,19  | 1,14 | 64,42 | 13,17 |
| Jahresmittel |              | 3,40 | 1,16 | 3,40 | 1,33 | 6,37  | 1,46 | 7,54  | 1,54 | 64,49 | 15,90 |

**Ergebnisse.**

1) In reinen (humusfreien) Mineralböden, die nur durch Staub und Niederschläge geringe Mengen org. Stoffe zugeführt erhalten, ist die Luft stets kohlensäurereicher (und sauerstoffärmer) als in der freien Atmosphäre. Während letztere in 1 Liter durchschnittlich nur 0,3 ccm Kohlensäure enthält, fanden sich in der Grundluft dieser Böden im Jahresmittel je nach Bodenart

in 15 cm Tiefe zwischen 1,16 ccm (grobkörn. Quarzsand)  
und 1,54 „ (Lehmboden),  
in 70 cm „ zwischen 3,02 „ (feink. Quarzsand)  
und 6,62 „ (Lehmboden).

Die Bodenluft war somit in den oberen Bodenschichten 4 bis 5 mal, in 70 cm Tiefe 10 bis 22 mal reicher an Kohlensäure als die atmosphärische Luft.

2) Am kohlenstoffärmsten sind die Quarzsandböden; mindestens noch einmal so reich daran sind die Kalksand- und Lehmböden.

3) Der Einfluß der mineralischen Zusammensetzung und der Struktur des Bodens (Größe und Lagerung der Bodentheilchen) auf den Kohlenstoffgehalt der Grundluft macht sich in den oberen stark durchlüfteten Schichten weit weniger bemerkbar als in den tieferen Regionen. Es ergibt sich dies aus dem Verhalten des Quarzsand-, Kalksand- und Lehmbodens. In 15 cm Tiefe sind die Kohlenstoff-Differenzen wesentlich geringer als in 70 cm Tiefe, wo die kalk- und lehmreichen Bodenarten sich viel kohlenstoffreicher erwiesen als die Quarzsandböden. Es ist dies leicht erklärbar: Vom kohlenstoffsauren Kalk ist bekannt, daß er die Zersetzung der organischen Stoffe und die damit unzertrennlich verbundene Bildung der Kohlenstoffsäure sehr beschleunigt; der poröse Lehm besitzt die Eigenschaft, verschiedene Gase, namentlich Kohlenstoffsäure, in großer Menge zu absorbieren und dieselbe an die durchstreichende Luft nicht abzugeben.

4) Entwässerter Moorboden ist weit kohlenstoffreicher als die reinen (humuslosen) Mineralböden. Schon in den oberen Schichten macht sich der Einfluß der organischen Stoffe in hohem Grade geltend, noch mehr aber in 70 cm Tiefe, wo der Kohlenstoffgehalt im Jahresmittel 22 mal größer ist als im Sandboden und 10 mal mehr beträgt als im Kalk- und Lehmboden. Daraus folgt, daß Humus und andere in Zersetzung begriffene organische Stoffe die wichtigste und ausgiebigste Kohlenstoffquelle im Boden bilden und daß der Kohlenstoffgehalt der Mineralböden durch Beimischung von Humus sich sehr bedeutend erhöhen muß, was weiter unten durch zahlreiche Beobachtungen nachgewiesen werden wird.

5) Die Jahreszeiten haben bekanntlich auf den Kohlenstoffgehalt der Atmosphäre einen äußerst geringen Einfluß; um so größer ist derselbe bei der Bodenluft. Diese ist im Sommer am kohlenstoffreichsten, dann folgt der Herbst, hierauf das Frühjahr und zuletzt der Winter.

Das Maximum fällt in die Monate Juli und August, das Minimum in den Januar oder Februar. Es steht somit der Kohlensäuregehalt der Bodenluft im innigsten Zusammenhang mit dem jährlichen Gang der Bodentemperatur und mit der Vertheilung der Niederschläge, bezw. mit der Intensität der Zersetzung organischer Stoffe im Boden. Auch innerhalb der einzelnen Monate kommen ziemlich beträchtliche Schwankungen im Kohlensäuregehalt der Bodenluft vor, die theils mit dem Wechsel der Temperatur und Feuchtigkeit in Verbindung stehen, theils aber auch durch die mehr oder weniger günstigen Ventilationsbedingungen verursacht werden, — ein Beweis, welchen großen Einfluß die Witterung und das Klima auf die Zersetzung der organischen Stoffe und auf den Kohlensäuregehalt der Bodenluft haben. In den südlichen Ländern und in warmen Lagen ist der Boden unter sonst gleichen Verhältnissen thätiger; es wird mehr Kohlensäure erzeugt als bei uns in der gemäßigten Zone oder in kalten Lagen. Der Gebirgsboden ist viel unthätiger und bei gleich mineralischer Zusammensetzung unfruchtbarer als der Boden in Tiefebene und Niederungen. Durch Temperaturniedrigung, Ueberschuß oder Mangel an Wasser wird die Thätigkeit und die Kohlensäureproduktion im Boden sehr vermindert<sup>1)</sup>. Sind in einem Boden die feinen Kapillar-Kanälchen und die größeren nicht kapillaren Hohlräume mit Wasser erfüllt, wie es bei nassen, sumpfigen Böden mit stagnirendem Wasser der Fall ist, so können die Wurzeln wegen mangelhaften Luftzutritts nicht athmen und gehen leicht in Fäulniß über; die organischen Stoffe unterliegen unter solchen Verhältnissen nicht der Verwesung, sondern der langsamen Vermoderung, wobei sich neben Kohlensäure auch Kohlenwasserstoffgas (Sumpfgas) und schwer zersetzbare saure Humusstoffe, oft auch schädliche Körper (lösliche Eisensalze, Schwefelmetalle, Schwefelwasserstoff) bilden.

Endlich wird auch durch das überflüssige Wasser die Erwärmung des Bodens sehr erschwert. Durch das Zusammenwirken dieser verschiedenen Faktoren vermindert sich die Kohlensäureproduktion, die Thätigkeit und

<sup>1)</sup> Vergleiche *J. Moeller's* Untersuchungen in den „Mittheilungen aus dem forstl. Versuchswesen Oesterreichs“. 1878. Heft II, S. 121 und in den „Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik“. 2. Bd. (1879.) S. 329; dann die Untersuchungen *E. Wollny's* über den Einfluß der physik. Eigenschaften des Bodens auf dessen Gehalt an freier Kohlensäure in derselben Zeitschrift, 4. Bd. (1881.) S. 1 ff.



Fruchtbarkeit der nassen Böden sehr bedeutend. Sobald durch Entwässerung das überschüssige Wasser abgeleitet, der Luftzutritt und die stärkere Erwärmung des Bodens befördert wird, steigert sich die Kohlensäurebildung und die Bodenthätigkeit in hohem Grade.

Der Kohlensäuregehalt der Bodenluft steht aber keineswegs immer im geraden Verhältnisse zur Kohlensäureproduktion. Im Sommer, wo durch die Lebensthätigkeit niederer Pilze die Zersetzung organischer Stoffe (des Düngers, des Humus und anderer Pflanzen- und Thierreste) in der oberen luftreichen und warmen Bodenkrume viel schneller stattfindet und weit mehr Kohlensäure erzeugt wird als in den tieferen, kälteren Bodenschichten, nimmt doch, der Abnahme des Luftwechsels entsprechend, der Kohlensäuregehalt der Bodenluft von oben nach unten bedeutend zu. Im Winter, wo die Zersetzung organischer Stoffe sehr langsam vor sich geht und die Ventilation im Boden eine stärkere ist als im Sommer, hat die Grundluft eine viel gleichmäßigere Zusammensetzung, der Unterschied zwischen den oberen und tieferen Luftschichten ist geringer und der Kohlensäuregehalt entsprechend kleiner als im Sommer. 1 Liter Grundluft enthielt im 3jährigen Mittel Vol. Kohlensäure:

|                     | im grobkörn. Quarzsand |                 | im feinkörn. Quarzsand |                 | im Kalksand     |                 | im Lehm-boden   |                 | im Moor-boden   |                 |
|---------------------|------------------------|-----------------|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                     | in 15 cm Tiefe.        | in 70 cm Tiefe. | in 15 cm Tiefe.        | in 70 cm Tiefe. | in 15 cm Tiefe. | in 70 cm Tiefe. | in 15 cm Tiefe. | in 70 cm Tiefe. | in 15 cm Tiefe. | in 70 cm Tiefe. |
| im Sommer . . . . . | 2,00                   | 6,50            | 2,18                   | 5,58            | 2,35            | 10,97           | 2,55            | 10,63           | 28,72           | 72,52           |
| im Winter . . . . . | 0,45                   | 0,84            | 0,58                   | 1,08            | 0,57            | 1,54            | 0,65            | 2,97            | 3,79            | 49,53           |

Bemerkenswerth ist noch die aus obigen Zahlen hervorgehende Thatsache, daß im Winter die Einwirkung des Kalks auf die Zersetzung der org. Stoffe sich kaum bemerkbar macht, dagegen im Sommer sehr bedeutend ist.

**B. Untersuchungen über den Einfluß des Waldes auf den Kohlensäuregehalt der Bodenluft.**

**I. Versuchsreihe im k. Forstrevier Hain im Spessart.**

Vergleichende Beobachtungen in einem 36jährigen, aus Buchen und Fichten gemischten Holzbestande und auf einem benachbarten, alle 3--4 Jahre gedüngten Ackerfelde von derselben Bodenbeschaffenheit.

Tabelle 8.

**Kohlensäuregehalt der Luft in einem lehmigen Sandboden des Buntsandsteins.**

1000 Vol. (1 Liter) Bodenluft enthielten Vol. Kohlensäure  
(auf 0° Tptr. und 760 mm Bar. reduziert).

| Jahre und Monate.                 | im Walde      |                 |                              | im gedüngten Ackerfelde |                 |
|-----------------------------------|---------------|-----------------|------------------------------|-------------------------|-----------------|
|                                   | in 1 m Tiefe. | in 0,5 m Tiefe. | in 0,5 m T. (Humusschichte.) | in 1 m Tiefe.           | in 0,5 m Tiefe. |
| 1877 Mai . . . . .                | 4,36          | 3,95            | 1,36                         | 17,50                   | 19,82           |
| Juni . . . . .                    | 4,40          | 3,98            | 1,72                         | 27,29                   | 28,55           |
| Juli . . . . .                    | 6,32          | 5,83            | 1,37                         | 32,09                   | 31,71           |
| September <sup>1)</sup> . . . . . | 4,95          | 6,09            | 0,70                         | 39,12                   | 38,33           |
| Oktober . . . . .                 | 3,04          | 3,13            | 0,70                         | 33,48                   | 33,03           |
| Dezember . . . . .                | 4,37          | 4,20            | 1,53                         | 18,22                   | 5,63            |
| 1878 Januar . . . . .             | 3,46          | 3,07            | 1,73                         | 15,87                   | 2,64            |
| Februar . . . . .                 | 2,81          | 1,75            | 1,42                         | 3,65                    | 1,74            |
| März . . . . .                    | 3,37          | 3,33            | 1,14                         | 3,98                    | 4,90            |
| Mai . . . . .                     | 3,72          | 4,02            | 1,30                         | 9,67                    | 17,36           |
| Juni . . . . .                    | 5,20          | 4,68            | 1,24                         | 14,12                   | 18,73           |
| Juli . . . . .                    | 5,54          | 5,95            | 1,40                         | 15,63                   | 30,63           |
| Mittel . . . . .                  | 4,29          | 4,16            | 1,33                         | 18,76                   | 19,17           |

**Ergebnisse.**

1) Im bewaldeten Boden war die Luft durchgehends viel ärmer an Kohlensäure als die Luft im benachbarten gedüngten und humosen Ackerfelde. Die Differenz steigerte sich mit zunehmender Bodentemperatur und erreichte in der wärmeren Jahreszeit einen viel höheren Grad als in den Wintermonaten. Im zweijährigen Mittel enthielt 1 Liter Luft ccm Kohlensäure:

|                                                     | in 1 m Tiefe. | in 0,5 m Tiefe. | in 0,5 m. (Humusdecke). |
|-----------------------------------------------------|---------------|-----------------|-------------------------|
| a) im Waldboden: vom Mai bis inkl. Septbr. . . . .  | 4,93          | 5,07            | 2,45                    |
| vom Oktober bis inkl. März . . . . .                | 3,41          | 3,09            | 1,30                    |
| b) im Ackerboden: vom Mai bis inkl. Septbr. . . . . | 24,32         | 27,93           | —                       |
| vom Oktober bis inkl. März . . . . .                | 14,02         | 9,54            | —                       |

<sup>1)</sup> Die Ergebnisse von Mai bis August 1877 wurden von mir bereits zu einem Vortrage in der zweiten Sitzung der Sektion für landwirthschaftl. Ver-

Die Grundluft im Walde enthielt somit in der wärmeren Jahreshälfte 5—6 mal, in der kälteren 3—4 mal weniger Kohlensäure als die Luft im Ackerfelde.

2) Durch die Untersuchungs-Ergebnisse in den Tabellen I, II und III ist ziffermäßig nachgewiesen, daß der Kohlensäuregehalt der Bodenluft in einer bestimmten Beziehung zur chemischen Thätigkeit des Bodens steht und einen sichern Maßstab zur Beurtheilung derselben bildet. Die Unthätigkeit des Bodens im Winter fällt zusammen mit dem Minimum des Kohlensäuregehaltes; die geringe Zunahme der Bodenthätigkeit im März und April giebt sich durch eine entsprechende unbedeutende Vermehrung der Kohlensäure zu erkennen; erst vom Mai an nimmt mit der plötzlich steigenden Bodentemperatur und der dadurch veranlaßten lebhafteren Zersetzung der organischen (humosen) Stoffe der Kohlensäuregehalt und die Thätigkeit des Bodens in sehr bemerkenswerther Weise zu; dieselbe erhöht sich von Monat zu Monat, erreicht im Juli und August das Maximum, vermindert sich allmählich wieder, bis endlich im Januar oder Februar der Kohlensäuregehalt und die Bodenthätigkeit auf ein Minimum herabsinkt.

Hieraus geht hervor, daß die chemische Thätigkeit des Bodens zwar durch die gemeinsame Wirkung von Wärme, Luft und Feuchtigkeit veranlaßt wird und mit zunehmender Temperatur und Feuchtigkeit steigt, daß aber auf den Grad der Thätigkeit auch der Gehalt an organischen Stoffen (Humus) und die schnellere oder langsamere Zersetzung (Verwesung) derselben, bezw. die Kohlensäureproduktion den größten Einfluß hat. Die durch die beschleunigte Humuszersetzung bewirkte größere Thätigkeit der Kulturböden hat aber wieder eine erhöhte Fruchtbarkeit und Ertragssteigerung zur Folge, weil das Bodenwasser nur mit Hilfe der freien Kohlensäure im Stande ist, die in den Gesteinstrümmern und in der Feinerde (im Thon, Lehm, Kalkstaub und Gesteinsmehl) vorhandenen unlöslichen oder schwer löslichen (absorbirten) mineralischen Nährstoffe und Aschenbestandtheile der Pflanzen aufzuschließen und löslich zu machen. Je reicher die Bodenluft, bezw. das Bodenwasser an freier Kohlensäure ist, um so mehr lösliche und aufnahmefähige Kali-

---

suchswesen bei der 50. Naturforscherversammlung in München am 19. Sept. 1877 benutzt. Vergl. „Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik“. 1. Bd. (1878.) S. 158.

Natron-, Kalk-, Magnesiasalze, Phosphate, Sulfate und Kieselsäure werden, je nach der mineralischen Zusammensetzung des Bodens, den Wurzeln zur Verfügung gestellt, um so besser können sich die Pflanzen ernähren und um so größere Erträge werden erzielt.

In kalkarmen Böden wird die chemische Thätigkeit des kohlenensäure-reichen Wassers noch kräftig unterstützt und befördert durch gelöste Humussäuren oder humussaure Alkalien, welche das Regenwasser beim Durchsickern aus dem Humus aufnimmt, mit in die Tiefe führt und hier gemeinschaftlich mit der freien Kohlensäure die Zubereitung und Auflösung der mineralischen Nährstoffe bewirkt<sup>1)</sup>. So erklärt es sich, daß auch die tiefgehenden Wurzeln der Waldbäume in den unteren Bodenschichten noch alle nothwendigen Nährstoffe in aufnehmbarer Form vorfinden, wenn für Erhaltung eines gewissen Humusvorrathes in den oberen Schichten Sorge getragen wird. Alle Maßnahmen, welche eine Verminderung oder Erschöpfung des Bodens an leicht zersetzbarem, lockerem Humus (Mull) veranlassen, müssen die Thätigkeit und Fruchtbarkeit desselben beeinträchtigen. Umgekehrt liefern aber auch humusreiche Böden ungenügende Erträge, wenn sie Mangel an einem oder mehreren unentbehrlichen Nährstoffen (Kalisalzen, Phosphaten, Kalksalzen etc.) haben. In einem entwässerten Torf- oder Moorboden ist die Thätigkeit und die Kohlensäureproduktion im Sommer eine bedeutende, aber die Fruchtbarkeit eine sehr geringe, weil die erforderlichen Nährsalze, insbesondere Kalisalze und Phosphate, häufig auch Kalksalze fehlen.

Die sogenannte Bodenkraft, identisch mit Bodenfruchtbarkeit, ist daher einerseits von der chemischen Thätigkeit des Bodens, mit anderen Worten: von der Temperatur, vom Feuchtigkeitsgrade und vom Luftzutritt, dann von der schnelleren oder langsameren Zersetzung des Humus, bezw. von der Kohlensäureproduktion, andererseits aber auch von der Menge und Vertheilung der im Boden vorhandenen unentbehrlichen Nährstoffe abhängig. Klima (Wärme und Feuchtigkeit), Tiefgründigkeit oder Mächtigkeit der Bodenkrume, physikalische Beschaffenheit (Verhalten

---

<sup>1)</sup> Läßt man feingepulverten Feldspath, Glimmer, Hornblende, Augit, Apatit (oder gepulverten Granit, Basalt etc.) mit kohlenensäurereichem Wasser oder mit einer Lösung von Humussäuren oder humussauren Alkalien längere Zeit in Berührung, so werden viel mehr Kali-, Natron-, Kalk-, Magnesiasalze und Phosphate aufgelöst als von reinem kohlenensäure- und salzfreiem Wasser.

zur Wärme, Luft und Feuchtigkeit), mineralisch-chemische Zusammensetzung und Humusgehalt des Bodens, bezw. Kohlensäuregehalt der Grundluft sind die Faktoren, durch deren Zusammenwirken die Fruchtbarkeit der Kulturböden bedingt wird. Maximalerträge lassen sich nur dann erzielen, wenn alle diese Produktionsfaktoren in einem dem Bedürfnisse der anzubauenden Kulturpflanzen oder Holzarten entsprechenden Maße vorhanden sind, und wenn gleichzeitig für den erforderlichen Lichtzutritt gesorgt wird. Ist nur an einem Produktionsfaktor Mangel, so vermindern sich in entsprechender Weise die Erträge. Jeder Forstmann und Landwirth weiß, daß selbst mineralisch kräftige Böden (Lehm-, Mergel-, Basalt-, Granitböden etc.) durch Humusverlust (auf schlecht gedüngten Ackerfeldern, auf Blößen, Kahlhiebflächen etc.) in ihrer Ertragsfähigkeit zurückgehen, obgleich nicht in dem Grade wie die mineralstoffarmen Sandböden, deren Werth geradezu durch einen gewissen Humusvorrath bedingt wird. Wie langsam wachsen Kulturen und junge Holzpflanzen in einem humusarmen Sandboden, wie verhältnißmäßig rasch entwickelt sich dagegen der Holzbestand, wenn einmal durch den Abfall der Blätter eine Humusdecke sich gebildet hat, die durch den Bestandesschluß (Beschattung des Bodens) erhalten und vermehrt wird. Für jeden Boden ist eine gewisse Menge von Humus von großem Werthe. Eine Entnahme der Bodenstreu im Walde hat immer eine Verminderung des Humus zur Folge, womit nach obigen Darlegungen eine Abnahme der Bodenthätigkeit und Bodenkraft verbunden sein muß. In Bayern giebt es leider Gelegenheit genug, die nachtheiligen Wirkungen starker Streunutzung nicht nur auf Sandböden, sondern auch auf lehm- und thonreichen Böden durch Augenschein kennen zu lernen. Die schlechtere Ernährung der Bäume in den weniger thätigen, an aufnehmbaren Nährstoffen verarmten Böden wurde schon früher von *J. Schroeder* durch vergleichende Aschenanalysen solcher Bäume, die auf geschontem und nichtgeschontem Boden gewachsen waren, an der Rothbuche nachgewiesen. Es ergab sich sowohl im Scheitholz, als im Knüppel- und Reisholz nicht nur eine Abnahme an Stickstoff, sondern auch eine Verminderung der Aschenmenge und namentlich eine Abnahme von Kali und Phosphorsäure<sup>1)</sup>. Demnächst werde ich durch zahlreiche Analysen nachweisen,

<sup>1)</sup> Vergl. meine „Physiologische Chemie der Pflanzen“. S. 734.

daß sich die schlechtere Ernährung solcher Bäume auch durch vergleichende Untersuchung der Blätter konstatiren läßt.

Der Werth des Humus als Bodenbestandtheil ist aber nicht allein darin zu suchen, daß er durch seine Zersetzungsprodukte (Kohlensäure und gelöste humussaure Alkalien) die Zubereitung und Lösung der vorhandenen mineralischen Nährsalze vermittelt, sondern zur besseren und kräftigeren Ernährung der Pflanzen auch dadurch beiträgt, daß er durch seine Aschenbestandtheile das assimilirbare Nährstoffkapital im Boden vergrößert und durch Zersetzung seiner stickstoffhaltigen organischen Bestandtheile Amidkörper, Ammoniak- und salpetersaure Salze liefert, von welchen auf das Unzweifelhafteste nachgewiesen ist, daß sie für die meisten Pflanzen die geeignetste Stickstoffnahrung bilden, da der freie atmosphärische Stickstoff nach *Hellriegel's* verdienstvollen Forschungen nur von den Leguminosen assimiliert wird.

Eine neue Bedeutung erhielt der Waldhumus als Bodenbestandtheil, seitdem (1885) *B. Frank* durch viele Untersuchungen und Beobachtungen konstatirt hat, daß in allen humushaltigen Waldböden die Saugwürzelchen der Laubbäume und Nadelhölzer nicht wie bei anderen Gewächsen mit feinen Wurzelhaaren bekleidet, sondern vollständig von einem farblosen, braunen oder schwarzbraunen, mehr oder minder dicken Pilzmantel umhüllt sind, der mit der Wurzelepidermis innig verwachsen ist und von dem zahlreiche kürzere oder längere Mycelfäden ausgehen, die sich in der benachbarten humusreichen Erde nach allen Seiten verbreiten und mit den Humustheilchen verwachsen sind. Dieses eigentümliche, aus Pilz und Wurzel combinirte Organ wurde als Pilzwurzel oder Mycorrhiza bezeichnet.

Von den gewöhnlichen Saugwürzelchen unterscheiden sich die Mycorrhizen auch dadurch, daß sie kürzer bleiben, dafür aber dicker werden, sich viel reichlicher verzweigen und kurze büschelförmige oder korallenförmige Verästelungen bilden. Durch diese charakteristischen Merkmale kann man die Mycorrhizen in der Regel schon makroskopisch von den unverfilzten gewöhnlichen Saugwurzeln unterscheiden. Sie werden durch Pilzmycelien erzeugt, welche nur im Waldhumus in großer Menge vorhanden sind<sup>1)</sup> und bilden sich deshalb immer nur in jenen Bodenschichten

<sup>1)</sup> Unter dem Mikroskope erweist sich der Waldhumus als ein Aggregat von Pflanzenresten in verschiedenen Stadien der Humifizirung, das nach allen

und Stellen des Waldbodens aus, welche humushaltig sind, am reichlichsten dort, wo viele in Zersetzung begriffene Pflanzenabfälle und Humus sich angesammelt haben.

Waldpflanzen, die vorsichtig aus humusreichem Boden genommen, oder auch solche, die in mit humushaltigem Waldboden gefüllten Töpfen kultivirt werden, besitzen stets Saugwurzeln mit einem Pilzmantel, während Waldpflanzen, die in künstlichen Nährstofflösungen erzogen werden, oder Bäume, die in humuslosem Mineralboden sich entwickelten, völlig pilzfreie, mit Wurzelhaaren bekleidete Saugwürzelchen zeigen. Selbst in einer sterilisirten, mehrere Stunden lang auf 100° erhitzten Walderde gelangen nach *Frank* die Saugwürzelchen unverpilzt zur Entwicklung.

An einem und demselben Baume können verpilzte und unverpilzte Saugwurzeln vorkommen, je nachdem dieselben humushaltige oder humusfreie Bodenschichten durchstreichen. Die Saugwurzeln, welche sich in den oberen humushaltigen Schichten ausbilden, sind verpilzt, die in den humuslosen, tieferen Regionen des Waldbodens erzeugten sind unverpilzt.

Die Abhängigkeit der Mycorhizenbildung von dem Vorhandensein gewisser Schimmelpilze im Waldhumus ist damit unzweifelhaft dargethan.

Bekanntlich sind weder die älteren Wurzeln noch die neu gebildeten äußeren Wurzelspitzen zur Nahrungsaufnahme geeignet; nur der hinter der Wurzelspitze liegende, in gewöhnlichem Zustande mit zahlreichen feinen Wurzelhaaren bekleidete Theil der Saugwurzeln vermittelt die Nahrungsaufnahme und funktionirt um so lebhafter, je wärmer der Boden ist. Bei Waldbäumen mit Mycorhiza fehlen aber die nahrungsaufnehmenden Wurzelhaare; die ganze Oberfläche der Saugwurzeln ist, wie erwähnt, lückenlos mit einem Pilzmantel bedeckt, von welchem aus zahlreiche Pilzfäden in den umgebenden humushaltigen Erdboden hineingewachsen und mit den Humustheilchen verbunden sind. Mit dem Aelterwerden der Saugwurzeln stirbt der Pilzmantel ab und wird an den jüngeren Saugwurzeln wieder durch einen neuen ersetzt. Diese Thatsachen, in Verbindung mit dem Umstande, daß Mycorhizenbildungen nicht nur in den Wäldern Deutschlands und anderer europäischen Länder ganz allgemein verbreitet sind und die Entwicklung der Bäume in keiner Weise

\_\_\_\_\_ Richtungen von zahllosen Schimmelfäden durchsetzt ist. Oft kann man schon mit unbewaffnetem Auge eine Unzahl von Pilzfäden sehen, welche die Humustheilchen zu einem lockeren Filz verweben.

hemmen, liefern nach *Frank* den Beweis, daß der Mycorrhizapilz kein Parasit ist, der nachtheilig auf die Wurzeln einwirkt und die Funktionen derselben stört, während *R. Hartig* die Mycorrhiza für ein pathologisches Produkt der Baumwurzeln hält<sup>1)</sup>. *Frank* schließt sogar aus seinen Kulturversuchen, daß die Mycorrhiza zur Nahrungsaufnahme aus dem Humus mehr geeignet ist als die längeren, schwach verzweigten unverpilzten Saugwurzeln. Parallelkulturen in Töpfen mit sterilisirtem und nicht sterilisirtem humusreichen Kalkboden, dann mit künstlichen Nährstofflösungen ergaben, daß junge Buchen und Eichen mit verpilzten Wurzeln sich weit besser ernährten und kräftiger entwickelten als ohne Wurzelpilze mit Wurzelhaaren. Nach *Frank's* Theorie nehmen die Waldbäume mit Mycorrhizen alle Bodennährstoffe, sowohl das Wasser als die mineralischen Salze, nur durch Vermittelung dieses Pilzes auf, er schreibt demselben sogar die Fähigkeit zu, organische Humusbestandtheile, insbesondere stickstoffhaltige Verbindungen (Amidkörper), aufzusaugen und als Nährstoffe zu verwerthen. Diese org. Humusbestandtheile werden jedenfalls nicht sofort zur Produktion organischer Pflanzenstoffe verwendet, sondern müssen zuvor noch mannigfache Umsetzungen erleiden. Die Frage, ob die mit Chlorophyll versehenen Bäume in gleicher Weise wie die chlorophyllfreien Pilze oder die chlorophyllfreien Phanerogamen (Humusbewohner des Waldes) auch stickstofffreie Kohlenstoffverbindungen aus dem Humus assimiliren und zur Ernährung benützen, läßt *Frank* noch unentschieden<sup>2)</sup>. Nachdem auf das Unzweifelhafteste festgestellt ist, daß alle höheren grünen Pflanzen ihren sämmtlichen Kohlenstoff aus der durch die Blätter aufgenommenen atmosphärischen Kohlensäure sich aneignen können, ist die Ernährung durch organische Kohlenstoffverbindungen sehr unwahr-

<sup>1)</sup> Berichte der Deutschen botanischen Gesellschaft. VI. Band. (1888.) S. 258.

<sup>2)</sup> Vergl. Berichte der Deutschen botan. Gesellschaft. Bd. III. S. 128. XXVII. Bd. V. S. 395. VI. Bd. (1888.) S. 248. 269. Mycorrhizen wurden auch schon an vielen wild wachsenden Pflanzen nachgewiesen, namentlich an den chlorophyllfreien Phanerogamen (Humusbewohnern) des Waldes, wie z. B. am Fichtenspargel (*Monotropa hypopitys*), an einigen Orchideen (*Neottia*), an den torfbewohnenden Ericaceen u. a. Häufig sind die Pilze bei wild wachsenden Pflanzen nur an den ganz feinen Wurzeln vorhanden, weshalb sie leicht übersehen werden können. (*Alb. Schlicht*, Ber. d. D. bot. Ges. 1888. S. 269.) Sehr verbreitet sind Mycorrhizen an den chlorophyllfreien Humusbewohnern (Saprophyten) der feuchten und schattigen tropischen Urwälder. (*Naturforscher*. 1886. S. 34.)



scheinlich. Meiner Ansicht nach bedarf es auch dieser Theorie nicht, um den günstigen Einfluß des Wurzelpilzes und der zahlreichen im Boden verbreiteten Pilzfäden auf die Ernährung der Waldbäume zu erklären. Schon *C. v. Nägeli* hat durch seine verdienstvollen Arbeiten nachgewiesen, daß die Verwesung vegetabilischer Stoffe vorzugsweise durch die Lebensthätigkeit von Schimmelpilzen, die ammoniakalische Fäulniß stickstoffreicher thierischer Abfallstoffe (Exkremeute etc.) dagegen durch Spaltpilze (Bakterien) veranlaßt wird<sup>1)</sup>. Die zahlreichen Mycelfäden der Schimmelpilze begünstigen im Waldhumus unzweifelhaft die Zersetzung der organischen Bestandtheile und die Produktion von Kohlensäure (und Ammoniak), wodurch die mineralischen Aschenbestandtheile desselben leichter löslich und aufnahmefähig gemacht werden<sup>2)</sup>. Die Mycorrhizenfäden, welche den Waldhumus kreuz und quer durchsetzen, können auf diese Weise indirekt die Ernährung der Bäume um so leichter fördern, als der sehr poröse Humus auch unter allen Bodenbestandtheilen das größte Wasser- aufsaugungsvermögen besitzt und nicht nur zur Vermehrung und Erhaltung der Bodenfeuchtigkeit sehr viel beiträgt, sondern auch die Sickerwassermengen in hohem Grade vermindert<sup>3)</sup>. In den humusreichen Kulturböden ist daher der Uebergang der Nährstoffe in die Wurzeln ungemein erleichtert, aber auch eine Verarmung des Bodens durch Auswaschen löslicher Nährsalze sehr erschwert, weil der Humus auch das Vermögen besitzt, aus dem Bodenwasser die werthvollsten Nährstoffe (Ammoniak, Kali und Phosphorsäure) zu absorbiren. Endlich ertheilt Humus den Kulturböden eine lockere und krümelige Struktur, wodurch

1) „Die niederen Pilze.“ München. 1877.

2) Da die Waldböden (und Torfmoore) entweder ganz frei von Nitraten sind, oder nur äußerst geringe Mengen enthalten, auch im Saft der oberirdischen Theile der Waldbäume zu keiner Zeit Nitrate vorkommen, sind die Holzgewächse bezüglich ihrer Stickstoffnahrung jedenfalls auf Ammoniak oder auf die organ. Stickstoffverbindungen im Humus (Amidkörper) angewiesen, während die mit menschlichen oder thierischen Exkrementen (Stallmist) gedüngten Acker- und Gartenböden verhältnißmäßig sehr reich an Nitraten sind, welche für die meisten Kulturpflanzen das geeignetste Stickstoffnährmittel bilden. Vergl. meine Untersuchungen über den Salpetergehalt der Waldböden in d. Ber. der Deutschen bot. Gesellschaft. VI. Bd. S. 217.

3) Vergl. meine Untersuchungen über den Einfluß des Waldes und der Bestandesdichte auf die Bodenfeuchtigkeit und Sickerwassermenge in dieser Zeitschrift. 12. Bd. 1. u. 2. Heft.

eine wohlthätige Durchlüftung veranlaßt wird, die sowohl auf die Thätigkeit des Bodens als auch auf die Athmung der Wurzeln in günstigster Weise einwirken muß. Wo viel Humus vorhanden ist, da kommen in der Regel Regenwürmer (Maulwürfe, Engerlinge) in größerer Zahl vor, die den Boden unterminiren und auch durch ihre Exkremente (ein inniges Gemenge von Humus und erdigen Stoffen) zur Auflockerung des Bodens wesentlich beitragen<sup>1)</sup>.

Diese verschiedenen werthvollen Funktionen des Humus (Mull) erklären vollkommen, warum alle humushaltigen Kulturböden bei gleicher Wärme- und Feuchtigkeitszufuhr viel thätiger und kohlen säurereicher, aber auch fruchtbarer sind als die humusfreien Roh- oder Naturböden bei gleicher mineralischer Zusammensetzung (Tab. I u. II). Kulturpflanzen und Holzgewächse, welche auf mineralstoffreichem, aber humusarmem Boden sich befinden, ernähren sich unter gleichen Witterungs- oder klimatischen Verhältnissen schlechter und enthalten weniger Mineralstoffe (Reinasche) als solche, die auf mineralstoffärmerem, aber humusreichem Boden sich entwickelt haben<sup>2)</sup>. Ohne Gegenwart von Humus ist der Uebergang der meisten Nährstoffe in die Wurzeln sehr erschwert und das aufnehmbare Nährstoffkapital reicht hin, um die größtmöglichen Erträge zu erzielen. Es ist deshalb absolut nothwendig, daß in allen Kulturböden ein gewisser Humusvorrath erhalten wird. Selbst reiner Waldhumus für sich ist zur Ernährung der Forstgewächse vollkommen ausreichend. Belege dafür finden sich in den bayerischen Alpen. So z. B. kommen in der Nähe des Waxensteins und der Zugspitze Mischungen von Buchen und Fichten vor, welche ausschließlich nur in einer reinen, 80 bis 100 cm mächtigen Humusschichte wurzeln und doch sehr kräftig entwickelt sind. Die Bäume finden im Waldhumus alle Bodennährstoffe, die sie bedürfen: Wasser, stickstoffhaltige Verbindungen, Kali-, Kalk-, Magnesiumsalze, Phosphate u. s. w. Torf und Moorerde ist für Holzgewächse ungeeignet,

<sup>1)</sup> Näheres über die Eigenschaften und den Werth des Humus als Bodenbestandtheil findet sich in meinem Buche: „Die gesammte Lehre der Waldstreu“. Berlin. 1876.

<sup>2)</sup> A. Vogel hat schon vor mehreren Jahren nachgewiesen, daß der Kieselsäuregehalt der Pflanzen in einem bestimmten Verhältnisse zum Humusgehalt des Bodens steht. Damit hängt auch der Reichthum der sog. sauren Gräser (Riedgräser, Simsen, Binsen etc.) an Asche (6—7 Proz.) und Kieselsäure zusammen, — Pflanzen, die für nasse, humusreiche Böden (Wiesen) sehr charakteristisch sind.

weil die erforderlichen Kalisalze und Phosphate, oft auch die Kalksalze, fehlen<sup>1)</sup>.

Durch die von mir schon im Jahre 1865 in den bayerischen Staatswaldungen eingerichteten Streuversuchsfächen und durch die vielen Analysen der Waldbodendecken wurde genügendes Material geliefert, um die Mengen von Nährstoffen berechnen zu können, welche alljährlich durch den Blattabfall der Bäume dem Waldboden als natürlicher Dünger zugeführt werden<sup>2)</sup>. Es ergibt sich im großen Durchschnitt folgendes Resultat:

| Streu-<br>sorte.   | Die Trocken-<br>substanz des<br>jährl. Blatt-<br>anfalls be-<br>trägt pro ha<br>Kilogramm: | Darin sind enthalten kg:                |                |              |                      |                      |                                                          |                                            |                                      |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------|--------------|----------------------|----------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------|
|                    |                                                                                            | Gebun-<br>dener<br>Stick-<br>stoff<br>N | Rein-<br>asche | Kali<br>KasO | Kalk-<br>erde<br>CaO | Magne-<br>sia<br>MgO | Phos-<br>phor-<br>säure<br>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | Schwe-<br>fel-<br>säure<br>SO <sub>2</sub> | Kiesel-<br>säure<br>SiO <sub>2</sub> |
| Buchenlaub         | 3365                                                                                       | 45,0                                    | 186,0          | 10,0         | 82,0                 | 12,1                 | 10,5                                                     | 3,36                                       | 61,24                                |
| Fichten-<br>nadeln | 3007                                                                                       | 31,8                                    | 136,2          | 4,8          | 60,0                 | 6,9                  | 6,3                                                      | 2,10                                       | 49,61                                |
| Kiefern-<br>nadeln | 3186                                                                                       | 28,9                                    | 46,4           | 4,8          | 19,0                 | 4,8                  | 3,8                                                      | 1,68                                       | 6,37                                 |

<sup>1)</sup> Hätte Dr. *Ramann* in seiner jüngst erschienenen Broschüre über „Die Waldstreu“ nur die werthvollsten Eigenschaften des Waldhumus berücksichtigt, insbesondere den Einfluß desselben auf die Bodenthätigkeit und Bodenkraft in Rechnung gezogen und sein Urtheil nicht ausschließlich auf die in mehrfacher Beziehung unzuverlässige Bodenanalyse gegründet, so wäre er jedenfalls bezüglich der Schädlichkeit der Streunutzung auf Lehmböden theilweise zu anderen Schlußfolgerungen gekommen. Es wären dann auch die unliebsamen Debatten über diese Frage in der bayer. Abgeordnetenversammlung am 18. Dez. v. J. vermieden worden.

Die in kochender Salzsäure löslichen Mineralstoffe sind selbst in einem humusreichen (geschonten) Boden zur Zeit nur zum geringsten Theile für die Saugwurzeln aufnehmbar und können deshalb niemals einen Maßstab zur Beurtheilung der gegenwärtigen Fruchtbarkeit eines Bodens bilden. Was nützt ein noch so großer Vorrath an mineralischen Nährstoffen, wenn die Haarwurzeln selbst mit Hilfe des sauren Saftes, womit ihre Zellwände getränkt sind, nur wenig Gebrauch davon machen können. Erst durch die Zersetzungsprodukte des Humus wird die Lösung und Aufnahme derselben so begünstigt, daß eine kräftige Ernährung der Bäume stattfinden kann.

<sup>2)</sup> Vergl. meine „Gesammte Lehre der Waldstreu“ (Anhang). Berlin. 1876.

Vergleicht man damit den jährlichen Bedarf der Waldbäume an Bodennährstoffen<sup>1)</sup>, so kann als feststehende Thatsache betrachtet werden, daß ein zweijähriger Blatt- oder Nadelabfall pro ha vollkommen genügt, um für die betr. Bäume sämtliche Bodennährstoffe zu liefern, welche sie zur jährlichen Blatt- und Holzbildung nothwendig haben. Zieht man in Betracht, daß die Laubdecke des Waldes je nach Standortsverhältnissen 3—4 Jahre, die Nadeldecke 4—5 Jahre braucht, um vollständig humifizirt zu werden, und daß nach *Senft's* Beobachtungen eine etwa 10 cm mächtige Buchenlaubablagerung eine 1 mm dicke Humusschicht liefert, so folgt daraus, welcher große Nährstoffvorrath in der Humusdecke des Waldes angehäuft ist. Denn wenn auch während des Humificirungsprozesses ein Theil der Kalisalze, Phosphate etc. durch das Regenwasser ausgelaugt wird, so kommen diese doch dem Boden zu Gute, da diese Nährstoffe von lehmigen Böden wieder absorbirt werden.

Um mittlere Getreide-, Kartoffel-, Tabakernten u. s. w. zu erhalten, wäre je nach den Ansprüchen der Kulturpflanzen von der Laubstreu als Düngemittel pro ha nothwendig:

|                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| für den Stickstoffbedarf | ein 2—3jähr. Laubanfall, |
| „ „ Kalibedarf           | „ 8—15 „ „ ,             |
| „ „ Phosphorsäurebedarf  | „ 3—4 „ „ .              |

Bei Nadelstreu würde sich der Streubedarf entsprechend ihrer oben erwähnten Zusammensetzung noch bedeutend vermehren.

Es ist damit ziffernmäßig festgestellt, daß die Waldbodendecke nur für den Wald ein geeignetes und höchst werthvolles Düngemittel bildet. Für die Ackergewächse ist sie viel weniger geeignet, weil diese Pflanzen gerade an die selteneren, im Boden und in der Waldstreu in geringster Menge vorkommenden Nährstoffe, vor Allem an Kali, dann an Phosphorsäure und Stickstoff jährlich viel größere Ansprüche machen als die Forstgewächse. Deshalb ist der Landwirth auf konzentrirtere, nährstoffreichere Düngemittel angewiesen, auf Kloakendünger (Latrinertorf), Kunstdünger, Stallmist, dessen Werth in erster Linie von der Menge der vorhandenen festen und flüssigen Exkremente abhängt. Zum Einstreuen eignet sich Torfstreu besser als Waldstreu, weil erstere vermöge ihrer großen

<sup>1)</sup> Vergl. meine „Physiol. Chemie der Pflanzen“. S. 65 u. 749.

Porosität die flüssigen und festen Auswurfstoffe besser aufsaugt und aufnimmt.

Nach Dr. *J. Jaeger's* Theorie gedeihen die Kulturpflanzen am besten, wenn sie mit einem Material in richtigem Maße gedüngt werden, welches von einem Geschöpfe stammt, das die betr. Pflanze am liebsten genießt. Für Getreide, Gemüse, Obst und Wein eignen sich deshalb die menschlichen Exkreme vortrefflich, für Gras (Wiesen) Rindviehmist, für Hafer Pferdemit u. s. w. In gleicher Weise gedeiht der Wald am besten, wenn ihm seine eigenen Abfallstoffe erhalten werden, die von Natur aus dazu bestimmt sind, ihm als Dünger zu dienen.

Aus dem ganzen Verhalten der Bäume zum Waldhumus geht hervor, daß sie ähnlich wie die im schattigen feuchten Waldgrunde vorkommenden chlorophyllhaltigen Laub- und Lebermoose, zahlreiche Farne, Bärlappen, Blütenpflanzen (Aroideen u. Orchideen) vorwiegend den Charakter von Humus- oder Verwesungspflanzen besitzen und ihre gesammte Nahrung aus dem Waldhumus beziehen können.

3) Obigen Untersuchungen zu Folge enthält die obere lockere Humusdecke im Walde wider Erwarten viel weniger Kohlensäure als die tieferen Bodenschichten. Die Ursache dieser Erscheinung kann nur darin liegen, daß das im Humus sich bildende Gas theils durch das Regenwasser dem Mineralboden zugeführt wird, theils aber auch durch Diffusion in die Waldluft übergeht.

Viel günstiger sind die Verhältnisse im Ackerboden, wo der Humus — das Zersetzungsprodukt des Stalldüngers — mit der Krume innig vermengt ist, wodurch die Kohlensäure von der Erde zurückgehalten und der Austritt in die Luft sehr erschwert wird. Deshalb fand sich im gedüngten Ackerboden in  $\frac{1}{2}$  m Tiefe durchschnittlich ebensoviele Kohlensäure als in 1 m Tiefe, während im Waldboden die oberen Schichten viel kohlensäureärmer waren als die tieferen.

Die Thätigkeit des Waldbodens ließe sich zweifellos beträchtlich erhöhen, wenn durch zeitweises Behacken die Streu- und Humusdecke mit der oberen Mineralkrume möglichst gut vermischt würde. Diese Kulturarbeit hätte nach den Durchforstungen zu beginnen und müßte etwa alle 5 oder 6 Jahre wiederholt werden. Dadurch würde nicht nur eine wohlthätige Durchlüftung des Bodens erzielt, sondern auch der Bildung von unthätigem Rohhumus vorgebeugt. Mit der Humusvermehrung wäre aber

auch eine erhöhte Wasserkapazität und eine reichlichere Kohlensäureproduktion der Bodenkrume verbunden, was wieder eine schnellere Aufschließung und Lösung der vorhandenen mineralischen Nährstoffe, also eine größere chemische Thätigkeit und eine Ertragssteigerung zur Folge hätte. Selbstverständlich müßte auch in diesem Falle eine zu starke Lichtung des Waldes oder eine Bloßlegung des Bodens sorgfältig vermieden werden.

Gegen diese Kulturmethode läßt sich nur das eine Bedenken erheben, daß durch zeitweises Behacken des Bodens die in den oberen Schichten zahlreich verbreiteten feinen Wurzelfasern beschädigt und die Ernährung der Bäume beeinträchtigt werden könnte. Jedenfalls müßten erst Versuche auf nicht zu kleinen Parzellen vorgenommen und festgestellt werden, in welchem Verhältnisse die erhöhten Betriebskosten zum Zuwachsgewinn stehen würden.

Tabelle 4.

II. Versuchsreihe im forst-botanischen Garten zu Aschaffenburg.

*Kohlensäuregehalt der Bodenluft in einer humosen sandig-thonigen Gartenerde in 1 m Tiefe.*

1000 Vol. oder 1 Liter Bodenluft enthielten Vol. (ccm) Kohlensäure:

| Jahre und Monate. |          | unter einem Akaziengebüsch. | im nackten unbearbeiteten Boden. | Jahre und Monate. |              | unter einem Akaziengebüsch. | im nackten unbearbeiteten Boden. |  |
|-------------------|----------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------|--------------|-----------------------------|----------------------------------|--|
| 1877              | Januar   | 7,34                        | 11,67                            | 1878              | Januar       | 2,65                        | 4,57                             |  |
|                   | Februar  | 5,19                        | 9,46                             |                   | Februar      | 3,98                        | 6,15                             |  |
|                   | März     | 2,15                        | 5,87                             |                   | März         | 3,17                        | 5,86                             |  |
|                   | April    | 3,69                        | 13,00                            |                   | April        | 4,48                        | 9,68                             |  |
|                   | Mai      | 8,39                        | 16,87                            |                   | Mai          | 11,85                       | 28,88                            |  |
|                   | Juni     | 13,69                       | 23,39                            |                   | Juni         | 21,67                       | 28,86                            |  |
|                   | Juli     | 20,77                       | 29,07                            |                   | Juli         | 30,21                       | 30,63                            |  |
|                   | August   | —                           | 32,41                            |                   |              |                             |                                  |  |
|                   | Oktober  | 15,97                       | 24,95                            |                   | Mittel       | 11,14                       | 16,38                            |  |
|                   | November | 10,74                       | 13,13                            |                   | Gesamtmittel | 11,05                       | 17,02                            |  |
| Dezember          | 6,81     | 15,02                       |                                  |                   |              |                             |                                  |  |
| Mittel            |          | 10,97                       |                                  |                   |              | 17,66                       |                                  |  |

Tabelle 5.

III. Versuchsreihe im Forst Kasten bei Planegg (Oberbayern).

*Kohlensäuregehalt der Luft eines kalkhaltigen lehmigen Bodens in 70 cm Tiefe*

| Jahre und Monate. |                     | in einem Fichten-Mittelholz (60 Jahre). | in einem Buchen-Mittelholz (60 Jahre). | in vegetationslosem Boden im Freien. |
|-------------------|---------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|
| 1883              | Juni . . . . .      | 16,33                                   | 4,10                                   | 21,00                                |
|                   | Juli . . . . .      | 17,66                                   | 5,89                                   | 17,66                                |
|                   | August . . . . .    | 19,32                                   | 9,50                                   | 27,75                                |
|                   | September . . . . . | 14,89                                   | 7,76                                   | 16,35                                |
|                   | Oktober . . . . .   | 17,55                                   | 8,43                                   | 14,39                                |
|                   | Dezember . . . . .  | 6,25                                    | —                                      | 3,56                                 |
| 1884              | Januar . . . . .    | 5,58                                    | —                                      | 3,12                                 |
|                   | März . . . . .      | 3,91                                    | —                                      | 2,95                                 |
|                   | April . . . . .     | 4,79                                    | —                                      | 8,37                                 |
|                   | Mai . . . . .       | 13,62                                   | —                                      | 16,80                                |
|                   | Mittel . . . . .    | 11,99                                   | 7,15                                   | 13,14                                |

Tabelle 6.

IV. Versuchsreihe im k. Forstrevier Bruck (Oberbayern).

*Kohlensäuregehalt der Luft eines thonreichen Lehmbodens in 70 cm Tiefe*

| Monate.   | in Fichten-Jungholz (25 Jahre). |       |      | in Fichten-Mittelholz (60 Jahre). |       |       | in haubarem Fichtenbestand (120 Jahre). |       |       | in vegetationslosem (humusfreiem) Boden im Freien. |       |      |
|-----------|---------------------------------|-------|------|-----------------------------------|-------|-------|-----------------------------------------|-------|-------|----------------------------------------------------|-------|------|
|           | Mittel.                         | Max.  | Min. | Mittel.                           | Max.  | Min.  | Mittel.                                 | Max.  | Min.  | Mittel.                                            | Max.  | Min. |
| 1884 Juli | 6,97                            | 7,85  | 5,42 | 13,82                             | 17,17 | 8,41  | 9,82                                    | 12,19 | 6,40  | 8,84                                               | 19,63 | 3,66 |
| August    | 8,49                            | 11,91 | 7,28 | 17,46                             | 17,29 | 12,21 | 13,89                                   | 15,09 | 11,84 | 7,24                                               | 8,25  | 6,32 |
| Septbr.   | 6,68                            | 7,56  | 5,75 | 13,39                             | 15,65 | 11,09 | 11,12                                   | 13,01 | 10,03 | 7,01                                               | 7,92  | 5,04 |
| Oktbr.    | 5,67                            | 6,41  | 4,80 | 11,99                             | 14,16 | 10,56 | 9,43                                    | 10,98 | 8,79  | 7,25                                               | 7,55  | 6,90 |
| Nov.      | 5,86                            | 7,28  | 4,45 | 7,66                              | 11,33 | 3,99  | 7,09                                    | 8,78  | 5,41  | 5,99                                               | —     | —    |
| Mittel    | 6,73                            | 8,20  | 5,54 | 12,86                             | 15,12 | 9,25  | 10,27                                   | 12,01 | 8,49  | 7,26                                               | 10,84 | 5,48 |

*Ergebnisse.*

1) Aus Tab. IV geht hervor, daß der Boden unter einem Akaziengebüsch ebenfalls ärmer an Kohlensäure ist als auf einer benachbarten vegetationslosen Fläche von gleicher Beschaffenheit. Die Differenz zwischen beiden Böden war hier viel geringer als im Spessart, weil die Akazien sich in humoser Gartenerde befanden, die von Natur aus kohlenstoffreicher ist als der Buntsandsteinboden; sie enthielt in 1 m Tiefe pro Liter im Mittel 11 cem freie Kohlensäure, während im Spessarter Waldboden in derselben Tiefe nur 4,29 cem nachgewiesen werden konnten.

Der Einfluß des Humus und der Wärme auf die Bodenthätigkeit und auf den Kohlensäuregehalt der Bodenluft macht sich auch hier unverkennbar geltend.

2) Die Versuchsreihe im Forst Kasten (Tab. V) führte zu dem höchst interessanten und praktisch wichtigen Ergebnisse, daß unter gleichen Verhältnissen der Kohlensäuregehalt der Bodenluft in Buchenbeständen während der Vegetationszeit mindestens um die Hälfte geringer ist als in einem gleichalterigen Fichtenwalde. Vom Juni bis inkl. Oktober 1883 fanden sich in 70 cm pro 1 Luft im Fichtenboden 17,15, im Buchenboden dagegen nur 7,15 cem. Diese Thatsache wird weiter unten noch durch eine andere Versuchsreihe bestätigt werden. Schon früher habe ich durch die Untersuchungen über den Einfluß des Waldes auf die Bodenfeuchtigkeit und auf die Sickerwassermenge nachgewiesen, daß ein mit Buchen beplanter Boden im Winter und Frühjahr beträchtlich mehr Wasser in größere Tiefen absickern läßt als ein Fichtenboden. Beide Erscheinungen weisen darauf hin, daß die Buchen — jedenfalls in Folge ihrer seichten, nach allen Seiten stark verzweigten Bewurzelung — den Boden viel lockerer erhalten als die Fichten. Dadurch wird im Buchenboden der Zutritt von Wasser, Luft und Wärme begünstigt, die Zersetzung organischer Stoffe beschleunigt und die Bodenthätigkeit erhöht. Die Bodenluft erwies sich aber trotzdem relativ kohlenstoffarm, was durch den geringeren Humusvorrath im Walde, vorzugsweise aber durch die lockere Beschaffenheit des Bodens verursacht wurde. Es war dadurch der Austritt der Kohlensäure in die Atmosphäre und das Auswaschen derselben in die Tiefe sehr erleichtert.

Auf die seichtere oder tiefere Bewurzelung einer und derselben Holzart hat bekanntlich die Konsistenz und der Nährstoff- und Humus-



gehalt der Bodenschichten großen Einfluß. Die meisten verpilzten Saugwurzeln bilden sich in geschlossenen Waldbeständen immer in den oberen lockeren und humusreichen Bodenschichten aus. Die stärkeren Wurzeln dringen auch in größere Tiefen ein, aber die Zahl der Streich- und Saugwurzeln nimmt mit der Humusverminderung und mit der dichteren Struktur des Bodens nach unten mehr und mehr ab. In normalen, humushaltigen Buchenbeständen findet sich weitaus der größte Theil der Streich- und Saugwurzeln in der oberen dunkel gefärbten, ca. 25 cm tiefen Bodenschichte, wo sie sich nach allen Seiten verbreiten und mit ihren korallenartig verzweigten Mycorhizen ein den Boden völlig durchwucherndes Geflecht bilden, das die Lockerung desselben bewirkt.

Auf humuslosem Boden bilden sich nicht so viele, aber längere und spärlich verzweigte Seitenwurzeln aus, welche unverpilzt bleiben und zur Lockerung des Bodens weniger beitragen.

Die charakteristische lockere und krümelige Beschaffenheit des fruchtbaren Mullbodens in normal geschlossenen Wäldern läßt sich somit auch ohne Regenwürmer (*Müller*) und ohne Mitwirkung löslicher Bodensalze (*Ramann*) erklären.

Zu Folge obiger Untersuchungen kommt der Rothbuche die Eigenschaft zu, den Boden in einem lockeren, krümeligen Zustande zu erhalten. Da sie gleichzeitig durch ihren jährlichen reichen Blattabfall und durch die Beschirmung des Bodens auch in höherem Alter zur Bildung, Vermehrung und Erhaltung des Humus sehr viel beiträgt, so ist diese schattentragende Holzart zur Verbesserung des Bodens und zur Herstellung gemischter Bestände noch mehr geeignet als Fichten und Tannen, die zwar auch den Boden in allen Altersstufen stark beschatten, aber den Boden weniger lockern und einen schwerer zersetzbaren, harz- und wachsreichen Humus liefern, der auf die Thätigkeit und Fruchtbarkeit des Bodens nicht so günstig einwirkt als der Humus der Laubbäume<sup>1)</sup>. Durch eine Beimischung von Buchen in Fichten- oder Tannenbeständen muß demnach das Produktionsvermögen des Bodens wesentlich gesteigert werden, was kürzlich auch durch Untersuchungen von Dr. *Rebel* nachgewiesen wurde (Inaugural-Dissertation).

<sup>1)</sup> Mit der leichteren Zersetzbarkeit und dem größeren Nährstoffgehalt (Kali-Phosphorsäure- und Stickstoffgehalt) des Laubhumus steht zweifellos auch die bekannte Thatsache in Zusammenhang, daß gewisse Pilze, z. B. die echten Trüffeln, nur in Laubwäldern vorkommen.

3) Die Untersuchungen im k. Forstrevier Hain (Spessart), im botanischen Garten in Aschaffenburg und im Forst Kasten bei Planegg (Tab. III, IV u. V) führten zu dem Ergebnis, daß der Kohlensäuregehalt der Grundluft, mithin auch die Thätigkeit des Bodens in normal geschlossenen Wäldern immer geringer ist als auf Ackerfeldern oder auf unbearbeiteten, humosen, nackten Böden im Freien. Der Unterschied nimmt mit dem Humusgehalt des Freilandbodens zu. Aus Tab. VI (Forstrevier Bruck) können wir entnehmen, daß humushaltige Waldböden nur dann kohlenstoffreicher sind als unbedeckte Freilandböden, wenn letztere keine humosen Stoffe enthalten. In Fichten-Junghölzern ist aber selbst in solchen Fällen der Kohlensäuregehalt und die Bodenthätigkeit noch geringer als im Freien.

Je mehr in einem Walde durch dichten Bestandesschluß die Sonnenstrahlen vom Boden abgehalten und die Luftbewegung und Wärmezufuhr durch Winde erschwert wird, um so kälter bleibt während der Vegetationszeit die Luft und der Boden — eine Thatsache, die ich in neuerer Zeit durch vergleichende meteorologische Beobachtungen in Junghölzern, Stangenhölzern und haubaren Beständen ziffermäßig festgestellt habe. Es ergab sich aber auch, daß das dicht geschlossene Kronendach des Jungholzes einen sehr großen Theil der Niederschläge zurückhält und nur wenig Wasser auf den Boden gelangen läßt. Diese beiden Umstände bewirken, daß in den Junghölzern die Zersetzung der Baumabfälle eine sehr langsame ist und halb zersetzte Pflanzenreste (sog. Rohhumus) sich in um so größerer Menge ansammeln, je dichter und stärker die Beschirmung ist. Mit der langsamen Zersetzung der organischen Stoffe ist aber eine geringere Produktion von Kohlensäure (und löslichen humussauren Alkalien), eine geringere Bodenthätigkeit und Fruchtbarkeit verbunden. Sobald die Durchforstungen beginnen und eine Lichtung der Bestände vorgenommen wird, nimmt die Temperatur und Niederschlagsmenge zu, die Zersetzung der Pflanzenabfälle, die Kohlensäurebildung wird lebhafter und es steigert sich in Folge dessen die Thätigkeit und die Produktionskraft des Bodens. Dieselbe bleibt um so nachhaltiger, je mineralisch kräftiger der Boden ist und je besser durch mäßige Beschirmung (Beschattung) für Erhaltung eines gewissen Humusvorrathes gesorgt wird. Dementsprechend ist nach Tab. VI der Boden im Fichten-Mittelholz um die Hälfte kohlenstoffreicher als im Fichten-Jungholz; in haubaren Beständen vermindert

sich wieder der Kohlensäuregehalt des Bodens; denn überschreitet die Lichtung ein gewisses Maß und wird den Sonnenstrahlen direkter Zutritt zum Boden gestattet, so veranlaßt die starke Erwärmung eine so beschleunigte Verwesung des Humus, daß die Zufuhr von neuem humusbildenden Material durch Blattabfall in keinem richtigen Verhältniß mehr zur Zersetzung steht, der Humusvorrath vermindert sich mehr und mehr, bis er endlich bei vollständiger Bloßlegung des Bodens (auf Blößen, Kahlhiebflächen etc.) ganz verschwindet und nur der wenig thätige Mineralboden zurückbleibt, der durch beschleunigte Verwitterung und Auswaschung von Nährsalzen allmählich von oben nach unten um so mehr verarmt, je sand- und kalkreicher er ist und je später er aufgeforstet wird <sup>1)</sup>. Durch diese Untersuchungen ist nun auch eine feste Grundlage gewonnen, um die günstige Einwirkung der Durchforstungen und Lichtungshiebe auf den Zuwachs der Waldbäume wissenschaftlich vollständig erklären zu können. Die lichtere Bestandesstellung und geringere Bodenbeschattung veranlaßt zunächst eine Erhöhung der Luft- und Bodentemperatur, begünstigt den direkten Zutritt der Niederschläge zum Boden, beschleunigt in Folge dessen die Zersetzung der Pflanzenabfälle und des Humus, erhöht die Kohlensäureproduktion, die Aufschließung der Nährstoffe und steigert somit die Thätigkeit und Produktionskraft des Bodens. Gleichzeitig wird aber durch die lichtere Stellung der Bäume die relative Feuchtigkeit (der Sättigungsgrad) der Waldluft vermindert und den Baumkronen mehr Sonnenstrahlen (Licht

<sup>1)</sup> In wärmeren südlichen Ländern unterliegt der Humus im Boden einer sehr raschen Verwesung unter Verflüchtigung der erzeugten gasförmigen Produkte. Angesichts der vielen wohlthätigen Einwirkungen, welche der Humus auf den Boden und auf die Vegetation auszuüben vermag, darf man wohl seinem Verschwinden auch einen maßgebenden Theil an der Verödung früher blühender Kulturländer zuschreiben. Selbst in den Wäldern der Mittelmeerländer häuft sich viel weniger Humus an als in den kühlen nördlicheren Regionen oder in Gebirgs-lagen. Die rasche Zersetzung während der feuchten Jahreszeit veranlaßt in südlichen Ländern eine große Kohlensäureproduktion und eine Steigerung der Bodenthätigkeit und Fruchtbarkeit, so lange durch Blattabfall oder durch Düngung neues humusbildendes Material geliefert wird. So erklärt sich, daß in den Urwäldern der Tropen umgefallene Baumstämme nur selten ein Hinderniß des Fortkommens bilden. Unter dem Aequator ist in den immer warmen und durch den täglichen Gewitterregen feuchten Ebenen die Verwesung eine so intensive, daß man dort selbst inmitten der üppigen Urwälder stets einen nackten Boden vorfindet. Erst in einer Höhe von etwa 3000 m findet sich dort eigentlicher Humusboden.

und Wärme), namentlich von den Seiten zugeführt. Dieser günstige Einfluß der Durchforstungen und Lichtungshiebe auf sämtliche Produktionsfaktoren muß eine erhöhte Holzproduktion zur Folge haben; denn durch die intensivere Wirkung und stärkere Zufuhr von Sonnenstrahlen oder Tageslicht und durch die größere Trockenheit der Waldluft wird zunächst die Transpiration der Blätter beschleunigt, was wieder eine vermehrte Zufuhr von Wasser und Nährsalzen aus dem thätigen Boden, mithin eine bessere Ernährung der Bäume, bzw. der Blätter zur Folge hat. Damit steht in innigem Zusammenhang eine durch den vermehrten Lichtzutritt in den Blättern veranlaßte größere Assimilations-thätigkeit und vermehrte Neubildung organischer Baustoffe, folglich auch eine reichlichere Holzbildung im Kambiummantel. Diese Zuwachssteigerung kann aber nur stattfinden, so lange die günstige Einwirkung aller genannten Produktionsfaktoren ermöglicht ist. Wird durch zu starke Freistellung der Bäume und Bloßlegung des Bodens der Humusvorrath erschöpft, der Wassergehalt, die Kohlensäureproduktion, das assimilirbare Nährstoffkapital, mithin die Thätigkeit und die Produktionskraft des Bodens vermindert, oder wird nach erfolgter Lichtstellung durch allmähliche Ausbreitung der Baumkronen der Bestandesschluß mit der Zeit wieder so stark, daß die Beschattung des Bodens ein gewisses Maß überschreitet, die Zersetzung des Humus verlangsamt und die Thätigkeit des Bodens herabgedrückt wird, so muß stets eine entsprechende Zuwachsabnahme eintreten. Die Gräser und Unkräuter, welche sich nach starker Lichtung der Bestände bald einstellen, trocknen, wie ich früher nachgewiesen habe, den Boden in der Wurzelregion vermöge ihrer lebhaften Transpiration stärker aus und entziehen demselben mehr mineralische Stoffe als die Forstgewächse; auch tragen sie zur Bildung von Humus äußerst wenig bei. Deshalb ist in älteren lichten Beständen zur Schonung und Erhaltung der Bodenkraft ein Unterwuchs von schattenertragenden, humusbildenden Holzgewächsen absolut nothwendig, der durch andere Pflanzen nicht ersetzt werden kann. In Uebereinstimmung mit diesen Gesetzen lehrt die Erfahrung, daß der günstige Einfluß, welchen der Wald auf die Konservirung des Humus und auf die Erhaltung der Bodengüte hat, nach Holz- und Betriebsart verschieden ist. Die schattenertragenden und schattenerzeugenden, dicht belaubten Bäume, wie Buchen, Fichten und Tannen, welche auch im höheren Alter geschlossen bleiben und den Boden

stark beschatten, begünstigen die Bildung, Vermehrung und Erhaltung des Humus mehr und tragen zur Bodenverbesserung in viel höherem Grade bei als die lichtbedürftigen Holzarten mit dünner Belaubung, wie Eichen, Kiefern, Lärchen und Birken, die sich im höheren Alter von selbst licht stellen, weniger Humus erzeugen und den Boden viel schwächer beschatten. Gemischte Bestände aus lichtbedürftigen und schattenertragenden Holzarten sind daher zur Konservirung des Humus und zur Erhaltung der Bodenkraft viel geeigneter als reine Bestände lichtbedürftiger Holzgewächse. Die hohen Erträge der sog. jungfräulichen Böden in Amerika sind keineswegs allein dem Reichthum derselben an Mineralstoffen zuzuschreiben, sondern sie verdanken diese Eigenschaft hauptsächlich dem seit Jahrhunderten in den Urwäldern angesammelten reichen Humusgehalt. Deshalb können eine Zeit lang ohne allen Dünger hohe Acker-Erträge erzielt werden, bis man nach einigen Jahren genöthigt ist, auch hier natürlichen Dünger oder Kunstdünger anzuwenden.

Unter den landwirthschaftlichen Kulturpflanzen tragen die blattreichen Kleearten und Hülsenfrüchte zur Erhaltung der Bodengüte ebenfalls mehr bei als die blattarmen Halmfrüchte, die sich von der Blüthe an licht stellen und eine Verarmung des Ackerbodens an Humus, ähnlich wie die lichtbedürftigen Holzarten, veranlassen.

Unter den forstlichen Betriebsarten ist der Hochwaldbetrieb mit lang erhaltenem Bestandesschluß der Humuskonservirung günstiger als der Mittelwaldbetrieb und dieser wieder besser als der Niederwaldbetrieb, bei welchem der Boden in kurzen Zwischenräumen bloßgelegt wird. Unter den verschiedenen Betriebsformen des Hochwaldes ist mit Rücksicht auf die Erhaltung der Bodengüte der Femel- und Femelschlagbetrieb dem Kahlschlagbetrieb weit vorzuziehen.

Die erwähnten wohlthätigen Wirkungen auf den Boden kann aber nur der leicht zersetzbare lockere Humus (Mull) ausüben, welcher bei normalem Bestandesschluß auf allen besseren Bodenarten sich bildet. Ueberall, wo die Zersetzung vegetabilischer Stoffe unter ungünstigen Bedingungen stattfindet, wie auf nassem oder zu trockenem sandreichen Boden, in feuchten und kühlen Gebirgslagen, in stark durchlichteten Beständen, wo die Sonnenstrahlen und austrocknenden Winde freien Zutritt haben, bildet sich ein schwer zersetzbarer, unthätiger, sauer reagirender Rohhumus, der oft eine torfähnliche Beschaffenheit be-

sitzt und deshalb von *Müller* in Dänemark als trockener Torf (Buchen-, Fichtentorf etc.) bezeichnet wurde. Die Anwesenheit dieser unthätigen, oft verfilzten und unfruchtbaren Humusart giebt sich durch üppigen Wuchs von Beerenunkräutern (Heidelbeeren etc.), von Heide und Heidekraut, Hungergräsern, Flechten und Moosen, aber durch kümmerliche Entwicklung der Bäume zu erkennen. Mit Recht sagt man daher, daß ein Boden, der zu starkem Heidelbeer- und Heidewuchs geneigt ist, schon im Rückgang begriffen sei.

***C. Untersuchungen über den Einfluß lebender und tochter Bodendecken auf den Kohlensäure- und Sauerstoffgehalt der Bodenluft.***

Versuchsreihe mit sehr humus- und kalkreicher Erde im Garten der k. forstlichen Versuchsanstalt in München.<sup>1)</sup>

---

<sup>1)</sup> Humusgehalt 10 Prozent.

Tabelle 7 a.  
Kohlendure- und Sauerstoffgehalt in 100 Volumtheilen Bodentluft.

| Monate und Tage. | Buchenpflanzen (6 Jahre). |        |                   | Fichtenpflanzen (6 Jahre). |        |                   | Moosdecke.         |        |                   | Grasnarbe (Wiese). |        |                   | Nacktes (vegetationsloses) Feld. |        |                   |       |       |      |       |       |
|------------------|---------------------------|--------|-------------------|----------------------------|--------|-------------------|--------------------|--------|-------------------|--------------------|--------|-------------------|----------------------------------|--------|-------------------|-------|-------|------|-------|-------|
|                  | Kohlensturegehalt.        |        | Sauerstoffgehalt. | Kohlensturegehalt.         |        | Sauerstoffgehalt. | Kohlensturegehalt. |        | Sauerstoffgehalt. | Kohlensturegehalt. |        | Sauerstoffgehalt. | Kohlensturegehalt.               |        | Sauerstoffgehalt. |       |       |      |       |       |
|                  | 70 cm.                    | 15 cm. | 70 cm.            | 70 cm.                     | 15 cm. | 70 cm.            | 15 cm.             | 70 cm. | 15 cm.            | 70 cm.             | 15 cm. | 70 cm.            | 15 cm.                           | 70 cm. | 15 cm.            |       |       |      |       |       |
| 1886             |                           |        |                   |                            |        |                   |                    |        |                   |                    |        |                   |                                  |        |                   |       |       |      |       |       |
| 27. Januar       | 2,12                      | 1,02   | 20,41             | 20,42                      | 1,43   | —                 | 18,65              | —      | 2,88              | 1,46               | 15,47  | 17,00             | 2,19                             | 1,58   | 18,92             | 19,87 | 2,92  | 1,53 | 17,62 | 19,70 |
| 4. Februar       | 2,01                      | 1,02   | —                 | 18,85                      | 1,81   | —                 | 19,56              | —      | 2,53              | 1,67               | 17,84  | 18,06             | 2,26                             | 1,36   | 17,85             | 18,95 | 3,39  | 1,56 | 18,82 | 17,98 |
| 8. April         | 1,52                      | 0,27   | 20,54             | 19,96                      | 1,12   | —                 | 20,04              | —      | 4,80              | 1,37               | 17,32  | 20,42             | 8,67                             | 0,76   | 17,20             | 19,96 | 7,25  | 1,32 | 16,53 | 20,42 |
| 6. Mai           | 1,21                      | 0,59   | 20,62             | 20,29                      | 8,88   | 1,79              | 14,82              | 20,21  | 7,10              | 1,68               | 16,12  | 19,35             | 4,42                             | 0,97   | 17,66             | 19,40 | 7,38  | 1,06 | 16,44 | 19,65 |
| 13. "            | 0,96                      | 0,68   | 19,56             | 20,43                      | 8,45   | 1,26              | 14,70              | 20,04  | 7,04              | —                  | 19,64  | 19,61             | 4,10                             | 0,97   | 16,70             | —     | 7,19  | 1,26 | 15,91 | 19,07 |
| 20. "            | 0,81                      | 0,46   | 20,44             | 20,49                      | 9,28   | 0,88              | 14,88              | 19,30  | 7,66              | 1,70               | 14,59  | 19,55             | 8,94                             | 0,54   | 17,73             | 20,29 | 6,89  | 0,68 | 16,74 | 20,27 |
| 27. "            | 1,57                      | 0,74   | 19,68             | 20,66                      | 8,48   | 0,89              | 13,68              | 20,35  | 8,53              | 1,90               | 11,38  | 19,01             | 4,19                             | 0,64   | 19,60             | 19,30 | 8,09  | 1,31 | 15,49 | 20,01 |
| 7. Juni          | 1,00                      | 0,55   | 18,34             | 20,67                      | 11,17  | 0,91              | 11,68              | 20,42  | 10,20             | 2,04               | 7,16   | 19,27             | 5,15                             | 0,55   | 15,69             | 20,00 | 9,56  | 1,27 | 9,82  | 19,67 |
| 17. "            | 1,65                      | 0,49   | 19,64             | 20,97                      | 10,59  | 1,29              | 11,25              | 19,31  | 11,23             | 2,12               | 9,41   | 19,23             | 7,43                             | 0,75   | 15,92             | 19,40 | 9,63  | 1,38 | 11,39 | 20,00 |
| 25. "            | 1,25                      | 0,64   | 19,77             | 20,87                      | 10,42  | 1,08              | 12,85              | 19,56  | 10,42             | 2,36               | 9,17   | 18,84             | 7,44                             | 0,49   | 14,86             | 20,17 | 9,40  | 2,12 | 12,30 | 20,00 |
| 5. Juli          | 0,87                      | 0,62   | 19,68             | 22,10                      | 10,79  | 1,10              | 12,66              | 20,05  | 12,12             | 2,77               | 11,50  | 18,93             | 6,96                             | 0,40   | 16,58             | 20,00 | 10,08 | 0,75 | 14,00 | 20,13 |
| 13. "            | 1,16                      | 0,69   | 19,56             | 20,13                      | 11,90  | 1,16              | 12,94              | 19,77  | 11,21             | 2,73               | 10,46  | 19,09             | 6,81                             | 0,33   | 15,36             | 20,56 | 9,48  | 1,40 | 14,82 | 19,91 |
| 20. "            | 1,05                      | 0,81   | 20,44             | 20,95                      | 11,58  | 1,54              | 12,36              | 20,13  | 15,17             | 4,61               | 9,17   | 17,65             | 8,26                             | 0,24   | 15,12             | 20,45 | 9,95  | 1,73 | 15,46 | 20,98 |
| 27. "            | 0,79                      | 0,49   | 19,00             | 20,31                      | 7,05   | 0,64              | —                  | 19,62  | 6,52              | 0,95               | —      | 21,00             | 0,02                             | 0,02   | 20,22             | 21,00 | 3,39  | 0,57 | —     | 21,00 |
| 27. Novembr.     | 0,71                      | 0,34   | 19,66             | 20,98                      | 7,50   | 0,53              | 15,57              | 20,17  | 4,70              | 0,98               | 17,67  | 20,08             | 0,18                             | 0,13   | 20,77             | 21,00 | 3,17  | 0,67 | 19,17 | 20,62 |
| 1887             |                           |        |                   |                            |        |                   |                    |        |                   |                    |        |                   |                                  |        |                   |       |       |      |       |       |
| 2. Januar        | 0,56                      | 0,28   | 20,38             | 21,00                      | 7,21   | 0,34              | 14,57              | 20,90  | 4,07              | 0,73               | 18,56  | —                 | 0,11                             | 0,34   | 20,78             | 20,54 | 2,27  | 0,55 | 19,69 | —     |
| 3. Februar       | 1,45                      | 0,32   | 20,16             | —                          | 4,36   | 1,06              | 17,29              | 20,00  | 4,63              | 1,91               | 20,60  | 20,13             | 0,17                             | —      | 20,30             | 21,00 | 4,77  | 0,16 | 18,02 | 20,53 |
| Mittel           | 1,19                      | 0,62   | 19,85             | 20,47                      | 9,39   | 1,13              | 13,63              | 19,77  | 7,98              | 1,98               | 13,83  | 19,14             | 4,13                             | 0,60   | 17,62             | 20,17 | 7,02  | 1,19 | 15,61 | 19,93 |

Tabelle 7b.

**Kohlensäuregehalt der Grundluft der humus- und kalkreichen Gartenerde in den einzelnen Jahreszeiten**

(aus einer größeren Versuchsreihe berechnet).

1000 Vol. (1 Liter) Bodenluft enthielten Vol. (ccm) Kohlensäure:

| Meteorologische Jahreszeiten. | Buchenpflanzen. |        | Fichtenpflanzen. |        | Moosdecke. |        | Grasnarbe. |        | Nackter Boden. |        |
|-------------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------|--------|------------|--------|----------------|--------|
|                               | 70 cm.          | 15 cm. | 70 cm.           | 15 cm. | 70 cm.     | 15 cm. | 70 cm.     | 15 cm. | 70 cm.         | 15 cm. |
| 1886 Frühjahr . . .           | 1,23            | 0,65   | 8,74             | 1,26   | 5,17       | 1,52   | 3,93       | 0,74   | 6,71           | 1,03   |
| Sommer . . .                  | 1,27            | 0,71   | 11,51            | 1,39   | 12,47      | 2,96   | 5,85       | 0,48   | 10,20          | 1,82   |
| Herbst . . .                  | 0,84            | 0,45   | 8,77             | 0,66   | 9,93       | 2,05   | 3,21       | 0,10   | 7,09           | 0,91   |
| Winter . . .                  | 0,79            | 0,54   | 6,07             | 0,75   | 4,49       | 1,15   | 0,65       | 0,75   | 3,51           | 0,45   |
| Jahresmittel . .              | 1,03            | 0,59   | 8,77             | 1,02   | 8,02       | 1,92   | 3,41       | 0,52   | 6,88           | 1,00   |

Mittlere Maxima und Minima.

|                  |      |      |       |      |       |      |      |      |       |      |
|------------------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|-------|------|
| Juli . . . . .   | 0,96 | 0,71 | 11,88 | 1,37 | 12,86 | 3,37 | 7,29 | 0,60 | 10,27 | 1,41 |
| Januar . . . . . | 0,59 | 0,45 | 6,36  | 0,66 | 4,09  | 0,76 | 0,19 | 0,08 | 2,60  | 0,50 |

Mittlerer Sauerstoffgehalt der Bodenluft  
(in Volumprozenten).

|                       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1886 Januar . . . . . | 20,41 | 20,42 | —     | 18,65 | 15,47 | 17,00 | 18,92 | 19,87 | 17,62 | 19,70 |
| Februar . . . . .     | —     | 18,85 | —     | 16,56 | 17,84 | 18,06 | 17,85 | 18,15 | 18,82 | 17,98 |
| April . . . . .       | 20,54 | 19,96 | —     | 20,04 | 17,32 | 20,42 | 17,20 | 19,96 | 16,53 | 20,42 |
| Mai . . . . .         | 20,07 | 20,47 | 14,52 | 19,92 | 15,43 | 19,39 | 17,92 | 19,66 | 16,15 | 19,75 |
| Juni . . . . .        | 19,25 | 20,84 | 11,93 | 19,96 | 8,58  | 19,11 | 15,49 | 19,85 | 11,17 | 19,89 |
| Juli . . . . .        | 19,84 | 20,52 | 12,59 | 20,02 | 10,05 | 18,46 | 15,73 | 20,31 | 14,37 | 20,00 |
| November . . . .      | 19,00 | 20,31 | —     | 19,62 | —     | 21,00 | 20,22 | 21,00 | —     | 21,00 |
| Dezember . . . .      | 19,66 | 20,98 | 15,57 | 20,17 | 17,67 | 20,08 | 20,77 | 21,00 | 19,17 | 20,62 |
| 1887 Januar . . . . . | 20,38 | 21,00 | 14,57 | 20,90 | 18,56 | —     | 20,78 | 20,54 | 19,69 | —     |
| Februar . . . . .     | 20,16 | —     | 17,29 | 20,60 | 20,00 | 20,13 | —     | 20,30 | 18,02 | 20,53 |
| Mittel . . . . .      | 19,85 | 20,47 | 13,68 | 19,77 | 13,83 | 19,14 | 17,62 | 20,12 | 15,61 | 19,93 |

**Ergebnisse.**

1) Die Bodenluft wird in dem Maße sauerstoffärmer, als sie kohlen-säurereicher wird, so daß das Gesamtvolumen der Kohlensäure und des Sauerstoffs namentlich in den oberen lockeren Bodenschichten nahezu das-



selbe bleibt. Damit ist bestätigt, daß die Verwesung als ein Oxydationsprozeß (langsame Verbrennung) aufzufassen ist.

Es enthielten im Gesamtmittel 100 Volumtheile Bodenluft:

| unter           | in 15 cm Tiefe.   |             |             | in 70 cm Tiefe.   |             |             |
|-----------------|-------------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|-------------|
|                 | Kohlen-<br>säure. | Sauerstoff. | Stickstoff. | Kohlen-<br>säure. | Sauerstoff. | Stickstoff. |
| Buchenpflanzen  | 0,62              | 20,47       | 78,91       | 1,19              | 19,85       | 78,96       |
| Fichtenpflanzen | 1,13              | 19,77       | 79,10       | 9,89              | 13,68       | 76,93       |
| Moosdecke       | 1,93              | 19,14       | 78,93       | 7,98              | 13,83       | 78,19       |
| Grasnarbe       | 0,60              | 20,12       | 79,28       | 4,13              | 17,62       | 78,25       |
| nacktem Boden   | 1,19              | 19,93       | 78,88       | 7,02              | 15,61       | 77,37       |

2) Humus- und kalkreicher Boden ist im unbedeckten Zustande thätiger, kohlenäurereicher und sauerstoffärmer, als alle anderen nackten Böden; er übertrifft selbst entwässerten Moorboden ziemlich bedeutend.

3) Die Bodendecken haben einen sehr großen Einfluß auf die Intensität der Verwesung, auf den Lockerheitsgrad des Bodens und in Folge dessen auch auf die Zusammensetzung der Grundluft. In den oberen, stark durchlüfteten Bodenschichten macht sich die Wirkung derselben bei weitem nicht so geltend als in den tieferen Regionen, wo der Luftwechsel gering ist. Lebende Decken (Pflanzen), welche den Boden beschatten, kühl erhalten und in der Wurzelregion mehr oder weniger stark austrocknen, machen ihn unthätiger, vermindern die Verwesung und die Kohlenäsureproduktion, während die Moosdecke den Boden feuchter erhält und deshalb namentlich im Sommer die Zersetzung der organischen Bodenbestandtheile beschleunigt. Aus diesem Grunde ist die Bodenluft unter der Moosdecke viel sauerstoffärmer und kohlenäurereicher als im Freilande unter sonst vollkommen gleichen Bodenverhältnissen<sup>1)</sup>. Fichtenboden läßt gemäß unserer früheren Untersuchungen in der Tiefe weniger Wasser absickern, bleibt dichter und feuchter als der lockere Buchenboden. Dadurch erklärt sich der geringe Kohlenäure- und große Sauerstoffgehalt der Bodenluft unter Buchenbedeckung im Vergleich zu Fichtenpflanzen. Die Wiesengräser trocknen den Boden viel stärker aus

<sup>1)</sup> Im beschatteten Walde ist die Wirkung der Moosdecke auf die Thätigkeit des Bodens, entsprechend der Temperaturabnahme, geringer als im Freien.

als die jungen Fichten; dementsprechend ist unter der Grasnarbe die Verwesung langsamer und die Grundluft erweist sich beträchtlich kohlen-säurereicher und sauerstoffreicher als unter der Fichtendecke.

### *Schlußbemerkung.*

Werfen wir noch einmal einen Rückblick auf die Resultate dieser umfangreichen Untersuchungen, so kann dem aufmerksamen Leser nicht entgehen, daß auf den Kohlensäuregehalt der Bodenluft sehr verschiedene Faktoren Einfluß haben. Es wurde der Nachweis geliefert, daß sich daran betheiligen: die Wärme und der Feuchtigkeitsgrad, die Struktur, der Lockerheitsgrad (Luftwechsel), und der größere oder geringere Sand-, Thon-, Kalk- und Humusgehalt des Bodens. Die in der Grundluft enthaltene Kohlensäuremenge ist daher als ein Produkt zu betrachten, das durch Zusammenwirken aller jener physikalischen und chemischen Faktoren entsteht, welche die Bodenthätigkeit und Bodenfruchtbarkeit (Bodenkraft) bedingen. Es ergibt sich dies auch aus folgender Bodenfruchtbarkeits-Skala, die sich auf den Kohlensäuregehalt der Bodenluft gründet.

In 70 cm Tiefe enthielten 1000 Volumtheile (1 l) Bodenluft durchschnittlich folgende Volumtheile (ccm) Kohlensäure:

|                                                                        |       |            |
|------------------------------------------------------------------------|-------|------------|
| in humusfreiem feinkörnigen Quarzsand . . .                            | 3.40  | } Tab. II  |
| „ „ grobkörnigen „ . . .                                               | 3.40  |            |
| „ „ feinkörnigen Kalksand . . .                                        | 5.48  |            |
| „ „ schweren (thonreichen) Lehmboden                                   | 7.26  | Tab. VI    |
| „ „ lößartigen Lehmboden . . .                                         | 7.54  | Tab. II    |
| „ humushaltigem kalkigen Lehmboden . . .                               | 13.14 | Tab. V     |
| „ humoser sandig-lehmiger Gartenerde . . .                             | 16.38 | Tab. IV    |
| „ humusreicher (gedüngter) Ackererde (lehmigem Sandboden) . . .        | 18.76 | Tab. III   |
| „ Moorboden . . . . .                                                  | 66.49 | Tab. II    |
| „ sehr humus- und kalkreicher Gartenerde (mit Stallmist gedüngt) . . . | 68.80 | Tab. VIIb  |
| desgl. . . . .                                                         | 70.20 | Tab. VIIa. |

Es kann somit nicht mehr zweifelhaft sein, daß der größere oder geringere Kohlensäuregehalt der Bodenluft einen ziemlich zuverlässigen Gradmesser für die Beurtheilung der Bodenthätigkeit und Bodenfrucht-

barkeit (Bodenkraft) bildet, mit Ausnahme der Moor- und Torfböden, die trotz ihres großen Kohlensäurereichtums unfruchtbar sind, weil sie Mangel an den nöthigen mineralischen Nährsalzen haben. Diese Thatsachen berechtigen uns zu dem Schlusse, daß der Kohlensäuregehalt der Bodenluft unter gewissen Bedingungen ein sehr einfaches und geeignetes Mittel zur naturwissenschaftlichen Bonitirung der Kulturböden bilden dürfte.

Die zur Untersuchung verwendete Luft müßte aber immer aus derselben Bodentiefe, am besten vielleicht aus 50 cm, entnommen werden, weil in der oberen, stark durchlüfteten Krume die Differenzen viel geringer sind. Ebenso hätten die vergleichenden Beobachtungen immer in demselben Monat, am besten im Juli oder August auf unbedecktem Boden zu geschehen, weil die Bodendecken auf den Kohlensäuregehalt sehr verschiedenen Einfluß haben. Mit Rücksicht auf den Umstand, daß auch die täglichen Kohlensäure-Schwankungen im Boden oft ziemlich beträchtlich sind, wäre es angezeigt, in kurzen Zeiträumen an verschiedenen Stellen des Bodens 3—4 Untersuchungen vorzunehmen und daraus das Mittel zu berechnen. Alle weiteren Vorsichtsmaßregeln würden sich bald durch Erfahrung ergeben.

Ein großer Vortheil dieser Bonitirungsmethode wäre, daß die Kohlensäurebestimmung der Bodenluft sehr kurze Zeit beansprucht und leicht ausführbar ist. Nicht unerwähnt darf ich lassen, daß auch die Mächtigkeit der Bodenkrume und die geognostische Abstammung oder die mineralische Beschaffenheit des Bodens zu berücksichtigen wäre, weil wir daraus werthvolle Schlüsse auf den Nährstoffvorrath des Bodens ziehen können.



## Neue Litteratur.

**M. Whitney.** Ein neues selbstregistrirendes Bodenthermometer. Agricultural Science. Vol. III. Nr. 10. p. 261.

Verf. hat während mehrerer Jahre probirt, ein Thermometer für die Messungen der Bodentemperatur ausfindig zu machen, welches weniger kostspielig ist und eine geringere Aufmerksamkeit und besonders weniger Berechnungen erfordert als die zur Zeit verwendeten Instrumente, und welches gleichzeitig eine genaue Auskunft über den thatsächlichen Gang der Temperatur giebt. Verschiedene Methoden wurden dabei in das Auge gefaßt, doch führten auch die Korrespondenzen und persönlichen Besprechungen mit einigen hervorragenden amerikanischen Mechanikern und meteorologischen Gesellschaften zu keinem Resultat und es gelang nicht, ein Instrument zu konstruiren, welches allen Anforderungen entspräche.

Verf. hat zuletzt eine Modifikation des Six'schen Thermometers eronnen, bei welchem das Maximum und Minimum der Temperatur an einem und demselben Instrumente registriert wird. Die wesentlichste Gestalt der Thermometer ist folgende: ein zylindrisches Gefäß von sechs Zoll Länge ist mit Alkohol gefüllt. Das Gefäß ist durch ein etwas weiteres Metallrohr geschützt, welches mehrere Löcher besitzt, und ist drei Zoll unter der Erdoberfläche angebracht, derart, daß sich das Thermometergefäß drei bis neun Zoll in die Tiefe des Bodens hinein erstreckt. Aus dem Thermometergefäß erhebt sich eine gleichfalls mit Alkohol gefüllte Röhre sechs oder acht Zoll über die Erdoberfläche; während sie sich zweimal im rechten Winkel krümmt und wieder zur Erdoberfläche zurückkehrt, ist sie zweimal im rechten Winkel gekrümmt, indem sie das Hauptrohr kreuzt und sich wieder ungefähr sechs oder acht Zoll in die Höhe erhebt, wo sie in eine zum Theil mit Alkohol gefüllte Kugel endigt. Die untere Krümmung an diesem Rohr führt eine Quecksilbersäule, welche gegen die Kugel sich zurückzieht, wenn der Alkohol sich zusammenzieht und einen stählernen Index bis zu dem Temperaturminimum an einer Skala fortstößt, welche von oben nach unten abgelesen wird. Der Index wird in seiner äußersten Stellung durch eine kleine Feder erhalten. Auf der anderen Seite der Quecksilbersäule befindet sich ebenfalls ein Index, der das Temperaturmaximum anzeigt. Die beiden Index werden mittelst eines Magneten eingestellt.

Die Vortheile, welche für dieses Instrument in Anspruch genommen werden, sind: daß es auf einmal, ohne irgend welche Berechnung die mittlere Temperatur des Bodens in einer bestimmten Tiefe liefert, für deren Gewinnung wir jetzt zum Mindesten drei Thermometer bedürfen, ferner, daß es zugleich das Maximum und Minimum der Temperatur anzeigt und nur einmal am Tage, statt drei Mal, wie gegenwärtig, abgelesen zu werden braucht. Die Ablesungen unseres Instrumentes stimmen soweit sehr gut mit dem Mittel des drei-, sechs- und neun-

zölligen Thermometers von der gewöhnlichen Form überein, wie aus folgender Tabelle ersichtlich ist.

| Datum.                     | Mittlere Bodentemperatur in<br>3—9 Zoll Tiefe. |                     |            |
|----------------------------|------------------------------------------------|---------------------|------------|
|                            | Six.                                           | Mittel<br>3—9 Zoll. | Differenz. |
| 23. Mai 1 p. m. . . . .    | 81,5                                           | 81,5                | 0,0        |
| „ 7 „ . . . . .            | 85,0                                           | 86,3                | — 1,3      |
| Tägliches Mittel . . . . . | 77,7                                           | 78,9                | — 1,2      |
| 24. Mai 7 a. m. . . . .    | 71,0                                           | 71,2                | — 0,2      |
| „ 1 p. m. . . . .          | 87,5                                           | 85,0                | + 2,5      |
| „ 7 „ . . . . .            | 89,0                                           | 89,2                | — 0,2      |
| Tägliches Mittel . . . . . | 81,5                                           | 81,4                | + 0,1      |
| 25. Mai 7 a. m. . . . .    | 75,5                                           | 75,7                | — 0,2      |
| „ 1 p. m. . . . .          | 89,3                                           | 87,1                | + 2,2      |
| „ 7 „ . . . . .            | 89,1                                           | 89,6                | — 0,5      |
| Tägliches Mittel . . . . . | 84,0                                           | 84,1                | — 0,1      |
| 26. Mai 7 a. m. . . . .    | 74,0                                           | 74,8                | — 0,8      |
| „ 1 p. m. . . . .          | 90,0                                           | 89,1                | + 0,9      |
| „ 7 „ . . . . .            | 85,7                                           | 87,1                | — 1,4      |
| Tägliches Mittel . . . . . | 84,6                                           | 83,7                | + 0,9      |
| Mittel . . . . .           | 83,0                                           | 83,0                | 0,0        |

Diese thatsächlichen Abweichungen sind nicht größer, als die, welchen wir zwischen einer zweifachen Reihe von Thermometern, die nebeneinander in einem Boden von demselben Charakter sich befinden, begegnen. Es können natürlich die in Rede stehenden Thermometer für verschiedene Tiefen konstruirt werden. Wir haben die Tiefe von drei Zoll und neun Zoll angenommen, in Gemäßheit unserer Versuche, welche eine Bodenlage repräsentiren, in der zumeist Wurzeln von Baumwollpflanzen enthalten sind. Wir hoffen, eine Anzahl dieser Instrumente durch den ganzen Staat vertheilen zu lassen.

Das Instrument ist an einer zierlichen Rückwand von Metall aufgebaut und von *H. J. Green* in New-York verfertigt. Es kostet so 10 Dollars ohne Verpackung. Eine große Störung für das Instrument ist die Gefahr beim Transport, welche darin besteht, daß der Index niederwärts in die Quecksilbersäule geräth. Aus diesem Grunde ist es in einer Schachtel mit Doppelringen zu transportiren, an denen es innerhalb einer geräumigeren Schachtel schwingen kann, so daß es überall aufrecht bleibt. Wir haben eine solche Schachtel angefertigt, welche zur Aufnahme von 8 oder 10 Instrumenten geeignet ist, zum Preise von 5 Dollars. *F. W.*

(Derartige Bodenthermometer nach *Six* wurden schon vor einiger Zeit von Herrn Mechaniker *Richard Ebermayer* in München, Herrstr. 6a, erfunden, und werden von demselben in vortrefflicher Ausführung verfertigt. Der Preis des Instrumentes für die Tiefe von 0,25 m beträgt 20 Mark. *D. Red.*)

**Caspari und Siegert.** Ueber die chemische Zusammensetzung des Lösses aus der Döbeln-Lommatzcher Pflege. Sächs. landw. Zeitschrift. 1889. N. 26. S. 238. — **Biedermann's** Zentralblatt für Agrikulturchemie. 1889. Heft X. S. 658.

Das sächsische Niederland verdankt seine hervorragende Fruchtbarkeit einer mächtigen Lehmschicht, die Verf. im Gegensatz zu dem gewöhnlichen Lehm Löß nennen, von ersterem sich durch seine lockere fein mehlig Beschaffenheit, durch einen geringeren Thongehalt, durch einen nur selten fehlenden Bestand an theils fein vertheiltem, theils in Knollen angereichertem kohlen-sauren Kalk unterscheidend.

Der Löß besteht im Wesentlichen aus feinen gerundeten, wasserklaren und weißen Quarzkörnchen, neben welchen sich Glimmerschüppchen, sowie Körnchen von Feldspath und Hornblende bemerklich machen. Theils überzieht kohlen-saurer Kalk diese Körnchen, theils verkittet er sie zu kleinen Knöllchen. Auch die größeren Knollen, welche im Löß nur selten völlig fehlen, bestehen vorzugsweise aus kohlen-saurem Kalk.

Die oberste Schicht des Lösses ist meist frei von Kalk, da das kohlen-säure-führende Regenwasser das Kalkkarbonat in doppelt kohlen-sauren Kalk verwandelt, dann auflöst und in den Untergrund führt. In den unteren Bodenschichten ist der Kalkgehalt ein fast gleichmäßiger und kann bis 15% betragen. Durch Anreicherung von Pflanzenstoffen erhält der Löß eine humose Beschaffenheit. Durch diese Stoffe wird das Eisenoxyd reduzirt und als doppelt kohlen-saures Salz gelöst und fortgeführt; dasselbe scheidet sich oft in geringer Tiefe wieder ab und verkittet die Lößkörnchen zu einer braunen und oft ziemlich konsistenten Masse.

Die Mächtigkeit des sächsischen Lösses beträgt meist über 2 m, erreicht häufig 5 und 6, stellenweise sogar 10 und 16 m.

Die Bindekraft und Plastizität des Lösses hängt weniger von seinem meist nur geringen Thongehalt, als vielmehr von der Adhäsion der winzigen Sandkörnchen ab. In Wasser zerweicht der Löß zu einem dünnen feinen Schlamm, der sich nach dem Aufrühren bald wieder zu Boden setzt. Die durch einen starken Regenguß schlammig gewordenen Wege und Felder des Lößgebietes trocknen rasch wieder ab, da das überschüssige Wasser in Folge der leichten Durchdringbarkeit und Kapillarität des Lösses schnell in die Tiefe geführt wird. Die oberen humosen Schichten besitzen eine geringere Porosität, trocknen daher rasch aus und erweisen sich für das Pflanzenwachsthum zumal in trockenem Jahren günstiger als die tieferen Lößschichten.

Nach Allem verdankt der Löß seine Fruchtbarkeit mehr seinen physikalischen als seinen chemischen Eigenschaften; die letzteren sind aus folgender Analyse einer aus einer Tiefe von 4 m entnommenen Probe ersichtlich. Der lufttrockene Löß ergab:

|                       |         |                         |         |
|-----------------------|---------|-------------------------|---------|
| Kali . . . . .        | 1,70 %  | Phosphorsäure . . . . . | 0,13 %  |
| Natron . . . . .      | 0,87 „  | Kieselsäure . . . . .   | 67,79 „ |
| Kalk . . . . .        | 6,73 „  | Kohlensäure . . . . .   | 4,50 „  |
| Magnesia . . . . .    | 1,46 „  | Wasser . . . . .        | 2,43 „  |
| Eisenoxyd } . . . . . | 14,67 „ |                         |         |
| Thonerde }            |         |                         |         |

Durch Salzsäure gingen in Lösung:

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| Kieselsäure . . . . . | 0,24%  |
| Eisenoxyd } . . . . . | 7,05 " |
| Thonerde } . . . . .  | 4,59 " |
| Kalk . . . . .        | 1,16 " |
| Magnesia . . . . .    | 13,04% |

In den tieferen Lößschichten wurden organische Substanzen nur in geringen Spuren gefunden, Stickstoff aber war gar nicht nachzuweisen.

Die große Menge Sand, der verhältnißmäßig geringe Gehalt an den Hydraten der Thonerde und des Eisenoxydes, sowie endlich der Mangel an humosen Stoffen bedingen die geringe Absorptionskraft des Lösses für die wichtigeren Pflanzennährstoffe; der Absorptionskoeffizient des Lösses beträgt nach *Knop* etwa 30–50, während derselbe bei Lehmböden über 100 steigt und bei den mageren Sandböden bis auf ungefähr 5 und darunter herabsinkt.

Der Landwirth sollte daher dem Lößboden nicht reichliche, sondern lieber wiederholte schwache Düngungen verabreichen, damit nicht die Pflanzennährstoffe ungenutzt in größere Tiefen fortgeführt werden. Eine Gründüngung dürfte zur Anreicherung des Humus von günstiger Wirkung sein, ebenso wie man den Lößboden durch Vermischen mit thonigem Boden verbessert hat.

**E. Ramann.** Die Waldstreu und ihre Bedeutung für Boden und Wald. Berlin. 1890. Julius Springer. 105 S.

Vorliegende Arbeit des Verf. behandelt die Waldstreufage nach dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft und zahlreichen eigenen Untersuchungen. An dieser Stelle interessirt vornehmlich jener Abschnitt, welcher sich mit dem Einfluß der Streudecke auf die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Bodens beschäftigt. Den bezüglichen Ausführungen des Verf. entnehmen wir Folgendes.

Nach dem Vorgange *P. E. Müller's*<sup>1)</sup> unterscheidet Verf. unter den auf dem Trocknen gebildeten Humusformen „Mull“ und „Torf“. Mull nennt *Müller* die Humusform, welche man bisher „milden oder gesunden Humus“ bezeichnete. Torf sind im Sinne *Müller's* alle Anhäufungen dicht gelagerter, in größerer Menge auftretender humoser Pflanzenreste, welche man bisher als „sauren Humus“ oder als „Rohhumus“ bezeichnete.

**Mull und Mullboden.** Aller gesunder Boden im Walde zeichnet sich dadurch aus, daß er nur mit einer schwachen, sehr selten mächtigeren Schicht von Streu bedeckt ist. Die einzelnen Bestandtheile derselben liegen lose auf- und untereinander. In weitaus den meisten Fällen ist die Streuschicht von nur sehr geringer Mächtigkeit und würde dem Gewichte nach höchstens dem Streuabfalle eines Jahres entsprechen, nur in Mulden sammeln sich größere Streu- und Laubmassen an. Bezeichnend ist die Ausbildung des Mull in geschlossenen Buchenbeständen. Die Verhältnisse einer solchen Oertlichkeit sollen zunächst als Beispiel dienen. Entfernt man die Streudecke, so erscheint der Boden von dieser scharf getrennt und von grau- bis schwarzbrauner Farbe und krümeliger Struktur.

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. X. 1887. S. 383.

Untersucht man die Erde, so reicht die Krümelstruktur oft mehr als Meter tief und soweit ist der Boden durchaus locker. Die oberste Schicht ist auf Sandböden grau bis bräunlichgrau und meist von dem unterliegenden bräunlich gefärbten Boden scharf geschieden. Nur selten findet sich eine undeutliche Grenze zwischen Beiden und auch da ist es weniger ein Uebergehen der Schichten in einander als ein verschieden tiefes Hinabreichen der grauen in die braune Schicht.

Auf Lehm Böden oder sandigem Lehm fehlt die grau gefärbte Schicht häufig vollständig, oder ist doch nur in geringer Mächtigkeit gebildet. Unterhalb der gekrümelten Schichte ist der Boden fester zusammengelagert. Die Grenze zwischen der lockeren obenliegenden und der festeren untenliegenden Schicht ist bei Sandböden in der Regel erkennbar, wenn auch meist nicht scharf geschieden. Außerlich macht sich die Grenze meist dadurch bemerkbar, daß die hauptsächlichste Wurzelentwicklung der Waldbäume in die gekrümelte Schicht fällt.

Bei Lehm Böden ist die Ausbildung eine sehr verschiedene, je nachdem die Verwitterung mehr oder weniger weit fortgeschritten ist. Typische Beispiele geben die Verwitterungsböden der Diluvialmergel. Aus der Verwitterung derselben gehen zunächst durch Wegführung des kohlensauren Kalkes Lehm Böden hervor, welche durch allmähliche Verschlämmung einen Theil ihres Thongehaltes verlieren und in sandigen Lehm bezw. lehmigen Sand übergehen können. Die Grenze der lockeren Bodenschicht geht, wenn die Verwitterung noch nicht tief eingedrungen ist, zumeist mit dieser parallel; man findet dann zuweilen eine nur 20—30 cm mächtige Lehmschicht auf unverändertem Mergel. Die Grenze zwischen Lehm und Mergel ist von der Form der Bodenoberfläche zumeist unabhängig, aber scharf ausgebildet. Ist die Verwitterung sehr tief vorgeschritten, so finden sich oft mehrere Meter mächtige Schichten von lehmigen Sanden. Diese verhalten sich in Bezug auf die Krümelung den Sandböden ähnlich.

Faßt man das bisher über Mull und Mullboden Gesagte zusammen, so findet man eine dünne, lose aufliegende Streuschicht und den darunter liegenden Boden locker und in ausgeprägter Krümelstruktur.

Die Bodenflora ist auf Mullboden eine sehr charakteristische und umfaßt diejenigen Pflanzenarten, welche zumeist als eigentliche Humuspflanzen bezeichnet werden. In Buchenwäldern ist es namentlich *Asperula odorata*, *Melica uniflora* u. *M. nutans*, der Buchenfarn, dann *Milium effusum*, *Anemone nemorosa* u. *A. ranunculoides*; in Eichen- und Kiefernwäldern die ganze zahlreiche Flora, welche man unter dem Namen Waldblumen zusammenfaßt (*Campanula*-, *Galium*arten und viele andere). Für den Kiefernboden ist noch die Abwesenheit der Haide, der Beerkräuter und zum Theil auch des Adlerfarns bezeichnend.

Die Analyse eines ausgesprochenen Mullbodens (Eberswalde), mit 100—120-jährigen gutwüchsigen Kiefern und 40—60-jährigen Buchen als Unterholz bestanden, gab folgende Resultate:



| Bodenart:         | Humoser Sand.                      |                                        |                         | Gelber Sand.                       |                                        |                         | Weißer Sand                        |                                        |                         |
|-------------------|------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------|
| Profil:           | 16 cm                              |                                        |                         | 30 cm                              |                                        |                         | (unterste Schicht).                |                                        |                         |
| Bestandtheile.    | Löslich in Salzsäure % des Bodens. | Unlös. Rückstand d. Salzsäure-Auszugs. | Gesamtgehalt d. Bodens. | Löslich in Salzsäure % des Bodens. | Unlös. Rückstand d. Salzsäure-Auszugs. | Gesamtgehalt d. Bodens. | Löslich in Salzsäure % des Bodens. | Unlös. Rückstand d. Salzsäure-Auszugs. | Gesamtgehalt d. Bodens. |
| Kali . . . .      | 0,020                              | 0,96                                   | 0,98                    | 0,035                              | 1,19                                   | 1,23                    | 0,048                              | 1,04                                   | 1,09                    |
| Kalk . . . .      | 0,019                              | 0,36                                   | 0,38                    | 0,041                              | 0,43                                   | 0,47                    | 0,041                              | 0,32                                   | 0,36                    |
| Magnesia . .      | 0,025                              | 0,06                                   | 0,08                    | 0,052                              | 0,07                                   | 6,12                    | 0,055                              | 0,06                                   | 0,12                    |
| Eisenoxyd .       | 0,197                              | 0,69                                   | 0,89                    | 0,215                              | 0,76                                   | 0,98                    | 0,241                              | 0,68                                   | 0,92                    |
| Thonerde .        | 0,174                              | 2,84                                   | 3,01                    | 0,272                              | 2,40                                   | 2,67                    | 0,132                              | 2,48                                   | 2,61                    |
| Phosphorsäure . . | 0,040                              | 0,05                                   | 0,09                    | 0,068                              | 0,04                                   | 0,11                    | 0,030                              | 0,07                                   | 0,10                    |

Es zeigt sich also, daß der oberste humusreiche Boden die am stärksten verwitterte und durch Auswaschung von löslichen Stoffen theilweise verarmte Schicht bildet, daß in den gelb gefärbten Sanden die eigentliche Verwitterungszone des Bodens vorliegt, die dementsprechend am reichsten an löslichen Salzen, von mittlerem Gehalt an unlöslichen Stoffen ist, während der weiße Sand den noch kaum angegriffenen Rohboden darstellt. In Lehmböden zeigen sich ähnliche Verhältnisse, wenn auch nicht so scharf ausgeprägt wie in den Sanden.

**Torf und die unterlagernden Bodenarten.** Nach Müller bezeichnet Verf. als Torf alle die Anhäufungen größerer Mengen halb zersetzter organischer Reste, die man bisher meist Roh- und Wildhumus genannt hat. Am häufigsten sind die Rohhumusablagerungen in Buchenwäldern zu beobachten. In dickeren Schichten macht sich bei dem Rohhumus der Buchenwälder oft eine gewisse horizontale Schichtung bemerkbar, die durch übereinandergelagerte Buchenblätter hervorgebracht wird, zwischen denen sich die Wurzeln der Bäume und der Pflanzen ausbreiten. Je tiefer man in die Torfschichten eindringt, um so mehr sind die Abfälle zersetzt und mit einem feinen braunschwarzen Pulver vermischt. Unter dem Mikroskop erkennt man ferner, daß die ganze Masse übersponnen und durchweht ist von sehr zähen, schwarzbraunen, schwer zersetzbaren Pilzfäden (*Cladosporium humifaciens. Rostrup*). Der Buchentorf ist durch einen hohen Gehalt an Humussäuren ausgezeichnet, welche häufig eine stark saure Reaktion desselben bedingen.

Die Flora des Buchentorfs ist eine an Arten arme. Für Dänemark giebt Müller als bezeichnende Pflanzen *Trientalis europæa* und *Aira flexuosa* an. Für das norddeutsche Gebiet ist es namentlich letzteres Gras, und sind es die Beerenkräuter, namentlich die Heidelbeere, welche den Torf anzeigen; ebenso gehört *Majanthemum bifolium* überwiegend denselben an, kommt aber auch, wie *Melampyrum pratense*, auf gutem Mullboden vor.

Torfbildungen in Eichenwäldern sind viel seltener als in Buchenbeständen. Der Torf ist viel stärker zersetzt und in eine gleichartigere Humusmasse um-

gewandelt. Unter Fichten finden sich ebenfalls häufig Schichten von Rohhumus, ebenso unter Kiefern.

Mit dem Auftreten von Rohhumus ist eine erhebliche Veränderung des unterliegenden Bodens fast untrennbar verbunden, eine Veränderung, die so stark werden kann, daß die Nachzucht und überhaupt der Wald in seinem Bestande gefährdet werden kann. Untersucht man Waldböden, namentlich in nördlicheren Gebieten, wo die Torfbildung besonders stark auftritt, so findet man eine mehr oder minder mächtige, oft 3 und mehr Dezimeter starke Rohhumusschicht, die sich entweder scharf vom unterliegenden Boden abheben oder auch allmählich in diesen übergehen kann.

Unter dem Rohhumus findet man den Boden fest, dicht gelagert und keine Andeutung der für Mullböden bezeichnenden Krümelstruktur. Unter dem Torfboden befindet sich also der Boden im Zustand der Einzelkornstruktur, bei dem Mullboden in jenem der Krümelstruktur.

Die oberste Bodenschicht ist durch Humus mehr oder weniger dunkel gefärbt, in größerer Tiefe tritt diese Färbung mehr zurück und der Boden erscheint hellgrau, nicht selten schwach violett gefärbt. Auf Sandböden findet sich der namentlich aus den Haidegebieten bekannte, aber auch im Walde weit verbreitete „Bleisand“, auch „Grausand“ genannt, welcher dicht gelagert und schwach humos ist. Von dem hell gefärbten Sande in scharfer Linie getrennt, lagert der Untergrund des Bodens. Derselbe ist in vielen Fällen ein gelber, in Verwitterung begriffener Sand, der nach unten allmählich in den weißen Untergrundssand übergeht; häufig finden sich aber auch die ersten Vorboten der Ortsteinbildung, in vielen Fällen ausgebildeter Ortstein. Der letztere ist ein durch humose Stoffe verkitteter Sand, und es kann keinem Zweifel unterliegen, daß die humosen Stoffe desselben aus den überliegenden Rohhumusmassen stammen<sup>1)</sup>.

Der Charakter der unter dem Rohhumus liegenden Bodenschichten ist zwar in chemischer Beziehung derselbe wie bei den Mullböden, aber schärfer ausgeprägt, und durch die Abscheidung humoser Stoffe auf der Verwitterungszone des Bodens um ein den Mullböden fremdes Element bereichert.

Die Ergebnisse einer Analyse eines solchen Bodens (Hohenbrück in Pommern) stellen sich wie folgt:

| Bestandtheile.                    | Bleisand 12—20 cm<br>mit 1,05% org. Stoffe. |                 |                    | Ortstein 5—8 cm mit<br>7,28% org. Stoffe. |                 |                    | Gelbbrauner Sand<br>unter dem Ortstein. |                 |                    |
|-----------------------------------|---------------------------------------------|-----------------|--------------------|-------------------------------------------|-----------------|--------------------|-----------------------------------------|-----------------|--------------------|
|                                   | In Salz-<br>säure<br>löslich.               | Unlös-<br>lich. | Gesammt-<br>boden. | In Salz-<br>säure<br>löslich.             | Unlös-<br>lich. | Gesammt-<br>boden. | In Salz-<br>säure<br>löslich.           | Un-<br>löslich. | Gesammt-<br>boden. |
| Kali . . . .                      | 0,0076                                      | 0,618           | 0,626              | 0,0178                                    | 0,754           | 0,772              | 0,0085                                  | 1,103           | 1,111              |
| Natron . . . .                    | 0,0111                                      | 0,167           | 0,178              | 0,0033                                    | 0,360           | 0,363              | 0,0213                                  | 0,528           | 0,549              |
| Kalk . . . .                      | 0,0110                                      | 0,060           | 0,071              | 0,0194                                    | 0,170           | 0,189              | 0,0254                                  | 0,225           | 0,250              |
| Magnesia . . . .                  | 0,0026                                      | 0,020           | 0,023              | 0,0137                                    | 0,028           | 0,042              | 0,0401                                  | 0,064           | 0,104              |
| Manganoxy-<br>duloxyd . . . .     | 0,0032                                      | 0,060           | 0,063              | 0,0044                                    | 0,047           | 0,051              | 0,0068                                  | 0,026           | 0,033              |
| Eisenoxyd . . . .                 | 0,0964                                      | 0,450           | 0,546              | 0,1936                                    | 0,690           | 0,484              | 0,3448                                  | 0,760           | 1,105              |
| Thonerde . . . .                  | 0,0268                                      | 1,650           | 1,677              | 1,5256                                    | 2,320           | 3,845              | 0,4000                                  | 3,210           | 3,610              |
| Phosphors . . . .                 | 0,0059                                      | 0,043           | 0,049              | 0,2966                                    | 0,042           | 0,338              | 0,0281                                  | 0,043           | 0,071              |
| Mineralstoffe<br>(exkl. Kiesels.) | 0,1646                                      | 2,068           | 2,233              | 2,0744                                    | 4,411           | 6,482              | 0,895                                   | 5,938           | 6,833              |

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. IX. 1886. S. 75.

Wie diese Zahlen zeigen, ist der humose Sand, unter dem Torf als Bleisand ausgebildet, eine nahezu völlig verwitterte und durch Auswaschung an allen löslichen Theilen verarmte Bodenschicht. Die dunkel gefärbte, vom überliegenden humosen Sande scharf getrennte Bodenschicht (Ortstein) ist die eigentliche Verwitterungszone des Bodens, am reichsten an allen löslichen, von mittlerem Gehalt an unverwitterten Bestandtheilen. Der unterliegende Boden ist von der Verwitterung noch wenig angegriffen und reich an unlöslichen Stoffen.

Zwischen diesen ausgeprägten Humus- und Bodenarten finden sich die zahlreichsten Zwischenformen. Es ist nun die Frage zu lösen, ob die Unterschiede im Boden in ursächlichem Zusammenhange mit den auflagernden Humusmassen stehen. Dies ist zu bejahen. Vor allen Dingen ist beweisend, daß mit dem Auftreten der Torfbildung ein allmählich fortschreitendes Verschwinden der Krümelstruktur eintritt.

*Ursachen der Krümelbildung.* Ueber die Ursachen derselben sind zwei Meinungen geäußert. *Darwin, Hensen* und *Müller* sehen in der Krümelstruktur des Bodens die Folge der Lebensthätigkeit, insbesondere der Ausscheidungen der Regenwürmer. Trotz zahlreicher zweifelnder Aeußerungen, die sich in der Litteratur finden, ist dem Verf. doch kein durch Untersuchungen gestützter Widerspruch bekannt geworden und erst die Arbeiten des Verf. über diluviale Sandböden<sup>1)</sup> geben zu einer abweichenden Auffassung Veranlassung. Verf. sieht in der Krümelbildung einfach das Resultat in allen Bodenarten wirkender physikalischer und chemischer Kräfte. Er führt die Bildung der Krümel auf die Wirkung der im Boden vorhandenen löslichen Salze zurück und stützt sich hierbei besonders auf die Versuche *E. W. Hilgard's*<sup>2)</sup> und *Th. Schlösing's*<sup>3)</sup>, welche gezeigt haben, daß gewisse Salze, besonders die kalkhaltigen, der Krümelbildung Vorschub leisten und die Humuskörper koaguliren, sowie daß der Humus wieder anziehend und krümelbildend auf den Sand und Thon einwirkt.

Es bleibt somit die Frage zu beantworten, wodurch sich Krümelung im Boden bilden und häufig bis in erhebliche Tiefen erstrecken kann. Verf. glaubt die Ursache in den in jedem Boden vor sich gehenden Volumveränderungen und der Bewegung der Bodentheile unter dem Einfluß des einsickernden Wassers zu finden. Bekannt sind die bedeutenden Volumveränderungen, welche namentlich thonhaltige und stark humose Bodenarten beim wechselnden Wassergehalt erleiden. Für lehm- und humusreiche Böden haben wir daher in den Volumveränderungen, welche alljährlich wiederkehren, ein mächtiges Mittel, die kleinen Bodenbestandtheile in ihren Lagen zu verschieben. Noch mächtiger ist die Einwirkung des gefrierenden Wassers, welches beim Uebergang aus dem flüssigen in den festen Zustand sich ausdehnt. In solchen Fällen wirkt ein zweites Moment mit. Die humosen quellbaren Stoffe werden beim Gefrieren aus dem Wasser ausgeschieden und in einen weniger löslichen, beziehentlich quellbaren Zustand übergeführt.

In Sandböden ist die Volumveränderung beim Durchfeuchten viel geringer, dafür tritt sie aber auch sehr viel häufiger und in ganzen Schichten gleichmäßiger auf als beim Lehm- und Humusboden.

Alle diese Ursachen wirken zusammen, um Aenderungen in der Lage der einzelnen Bodenbestandtheile zu vermitteln. Ueberall in der Natur machen sich

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. IX. 1886. S. 73.

<sup>2)</sup> Ebenda Bd. II. 1879. S. 441 u. 251.

<sup>3)</sup> Comptes rendus. T. LXXIV. 1872. p. 1408.

Kohäsions- und Adhäsionskräfte bemerkbar. Gleich zusammengesetzte Stoffe lagern sich zusammen, verbinden die zwischenliegenden festen Bestandtheile zu Aggregaten und bewirken so eine Krümelbildung im Boden.

Die Thätigkeit der Regenwürmer in bezeichneter Richtung ist nach Meinung des Verf. sehr überschätzt worden. Dafür spricht zunächst der Umstand, daß die feinsten Theile in den oberen Schichten abnehmen, weil sie durch das in den Boden absickernde Wasser in die Tiefe geführt werden, während eine Thätigkeit der Würmer im Darwin'schen Sinne im Gegensatz ein Ueberwiegen der feinerdigen Stoffe an der Oberfläche herbeiführen müßte. Ein anderer Grund, den Regenwürmern nur eine ganz geringe Bedeutung zuzumessen, ist die Art der Humusablagerungen. An der Zersetzung von Eichenstreu ist nachgewiesen worden, daß die Verwesung ausreicht, um in kurzer Zeit die Blattreste zu zersetzen. Daß auf Mullböden auch stärkere Aeste, Zapfen von Nadelhölzern u. dergl. verhältnißmäßig rasch zersetzt werden, kann man überall beobachten und es wird doch wohl Niemand einfallen, diese Baumtheile als Nahrung der Würmer zu betrachten. Das Fehlen der Regenwürmer auf mit Rohhumus bedecktem Boden erklärt sich dagegen sehr leicht durch die saure Reaktion jener Schichten. Essigsäure ist ein rasch tödtendes Gift für die Regenwürmer und wahrscheinlich sind es die anderen löslichen Säuren ebenfalls.

**Analysen von in Umbildung begriffenen Böden.** Ist die Deutung der Krümelbildung als eine Wirkung der löslichen Salze richtig, so müssen sich auf Bodenarten, welche zum Theil Mullboden, zum Theil mit Rohhumus bedeckt sind, analytisch die Veränderungen im Gehalt an löslichen Salzen verfolgen lassen. Verf. führte solche Analysen von Böden aus, welche in der Oberförsterei Eberswalde gelegen und mit Kiefern und unterbauten Buchen bestanden sind.

Um die Dichtigkeit der Lagerung zu bestimmen, wurde das Porenvolumen bestimmt. Je höher das letztere, um so vollkommener ist die Krümelstruktur. Ist die oben gegebene Erklärung der Entstehung derselben richtig, so muß ein Boden um so reicher an löslichen Salzen sein, je höher sein Porenvolumen ist.

Die Analyse wurde auf die Bestimmung der in Salzsäure löslichen Stoffe bestimmt, welche zu folgenden Mengen gefunden wurden:

| Bestandtheile.                            | Mullboden.    | Boden mit 2 cm Rohhumus bedeckt. | Boden mit 7 cm Rohhumus bedeckt. |
|-------------------------------------------|---------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Kali . . . . .                            | 0,0107        | 0,0107                           | 0,0092                           |
| Natron . . . . .                          | 0,0063        | 0,0071                           | 0,0069                           |
| Kalk . . . . .                            | 0,0875        | 0,0508                           | 0,0360                           |
| Magnesia . . . . .                        | 0,0440        | 0,0333                           | 0,0130                           |
| Manganoxyduloxyd . . . . .                | 0,0500        | 0,0250                           | 0,0150                           |
| Eisenoxyd . . . . .                       | 0,4875        | 0,4287                           | 0,3375                           |
| Thonerde . . . . .                        | 0,5625        | 0,4287                           | 0,3487                           |
| Phosphorsäure . . . . .                   | 0,0489        | 0,0320                           | 0,0296                           |
| <b>Gesamtgehalt an löslichen Stoffen:</b> | <b>1,2974</b> | <b>1,0163</b>                    | <b>0,7959</b>                    |
| <b>Porenvolumen des Bodens:</b>           | <b>55,4</b>   | <b>53,1</b>                      | <b>46,2</b>                      |

Die Zahlen sprechen für sich selbst. Die ursprüngliche Gleichartigkeit des Bodens kann nicht bezweifelt werden; die eingetretenen Veränderungen sind auf die auslaugende Wirkung der Gewässer zurückzuführen, die natürlich um so energischer wirken, je mehr sie sauer reagirende Humusstoffe enthalten. Durch die Einwirkung der Streudecke ist eine bedeutende Verschlechterung des Bodens eingetreten. Die Abhängigkeit des Porenvolumens von dem Gehalt an löslichen Salzen tritt gleichzeitig hervor.

**Die Veränderungen der Sandböden bei dauernder Streuentnahme.**

Die Untersuchungen des Verf. betrafen den Boden einer Streu-Versuchsfläche auf einem außerordentlich gleichkörnigen Diluvialsandboden. Der Bestand wurde von sehr geringwüchsigen 40—50jährigen Kiefern gebildet (Kiefernboden V. Ertragsklasse). Die Fläche war alljährlich seit 16 Jahren berecht worden. Die Feststellung der Streuerträge ermöglichte es, die durch diese Nutzung entzogenen Mineralstoffe annähernd festzustellen. Für die einzelnen Bestandtheile stellten sich die ermittelten Daten (kg) pro ha wie folgt:

| Bestandtheile.          | Lösl. Mineralstoffe.  |                     |            | Lösliche und unlösl. Mineralstoffe. |                     |            | Verlust an Mineralstoffen. | Gehalt d. geworbenen Streu. | In der geworb. Streu mehr oder weniger enthalten. |
|-------------------------|-----------------------|---------------------|------------|-------------------------------------|---------------------|------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------|
|                         | Unberechtigter Boden. | Berechtigter Boden. | Differenz. | Unberechtigter Boden.               | Berechtigter Boden. | Differenz. |                            |                             |                                                   |
| Kali . . . .            | 1622                  | 589                 | —1033      | 23040                               | 16380               | — 6600     | 6600                       | 21                          | —6639                                             |
| Natron . . .            | 1919                  | 481                 | —1501      | 10125                               | 8325                | — 1800     | 1800                       | 6                           | —1794                                             |
| Kalk . . . .            | 853                   | 551                 | — 302      | 4747                                | 4117                | — 630      | 630                        | 107                         | — 523                                             |
| Magnesia . .            | 992                   | 778                 | — 214      | 1462                                | 1372                | — 90       | 90                         | 16                          | — 74                                              |
| Eisenoxyd .             | 7299                  | 5017                | —2282      | 13275                               | 5130                | — 8145     | 8145                       | 43                          | —8102                                             |
| Thonerde .              | 11131                 | 9967                | —1164      | 73372                               | 66307               | — 7065     | 7065                       | 75                          | —6990                                             |
| Eisenoxyd u. Thonerde . | 18430                 | 14984               | —3446      | 86647                               | 71437               | —15210     | —                          | —                           | —                                                 |
| Manganoxyduloxyd .      | 558                   | 402                 | — 156      | 2025                                | 765                 | — 1260     | 1260                       | 24                          | —1236                                             |
| Phosphors . .           | 850                   | 898                 | + 48       | 2340                                | 1102                | — 1238     | 1238                       | 44                          | —1194                                             |
| Schwefels . .           | 180                   | 49                  | — 131      | —                                   | —                   | —          | 131                        | 4                           | — 127                                             |
| Kieselsäure .           | 14830                 | 12647               | —2185      | —                                   | —                   | —          | 2183                       | 168                         | —2015                                             |
| Stickstoff . .          | —                     | —                   | —          | 540                                 | 472                 | — 68       | 68                         | 287                         | + 219                                             |
| Summa . . .             | 41267                 | 34735               | —6572      |                                     |                     |            |                            |                             |                                                   |

Der Gesamtverlust ist demnach ein sehr viel mal größerer, als der Menge an Mineralstoffen entspricht, welche durch die Streunutzung entführt worden ist. Für diese Erscheinung giebt es nur eine Erklärung: Die Mineralstoffe sind in dem berechtigten Boden ungleich stärker ausgewaschen worden. Der Rückgang des Bodens ist in erster Linie der auswaschenden Wirkung der atmosphärischen Gewässer zuzuschreiben. Die enorme Schädigung der Streunutzung auf armen Böden ist daher in schärfster Form erwiesen.

Eine solche tiefgehende Auswaschung kann, wenn die Annahme des Verf. bezüglich der Krümelung des Bodens richtig ist, nicht ohne starke Einwirkung

auf das Gefüge des Bodens geblieben sein. Die oberste Bodenschicht muß sich dichter zusammengelagert haben, es muß eine „Verhärtung“ eingetreten sein. In der That war dies der Fall, wie die vom Verf. ausgeführten Bestimmungen des Porenvolumens hinlänglich darthun.

| Bodenschichten.                             | I. Westliches Ende der Streufläche. |                | II. Oestliches Ende der Streufläche. |                |
|---------------------------------------------|-------------------------------------|----------------|--------------------------------------|----------------|
|                                             | Porenvolumen. %                     | Humusgehalt. % | Porenvolumen. %                      | Humusgehalt. % |
| Obere Bodenschicht 0—11 cm tief } berecht   | 44,2                                | 2,98           | 47,1                                 | 2,83           |
| Tiefere „ 20—31 „ „ } berecht               | 45,1                                | 1,09           | 45,0                                 | 1,33           |
| Obere Bodenschicht 0—11 cm tief } unberecht | 56,7                                | 6,77           | 51,0                                 | 2,61           |
| Tiefere „ 20—31 „ „ } unberecht             | 46,1                                | 1,43           | 45,1                                 | 0,69           |

Der Einfluß der Bodenverhärtung ist hiermit zahlenmäßig geführt. Im ersteren Fall ist dieselbe nicht nur viel stärker aufgetreten, auch das Aussehen entsprach dem, sondern die Wirkung hatte sich auch in eine größere Tiefe erstreckt. Zum Vergleich wurde das Porenvolumen einer ganzen Anzahl von Streuflächen untersucht, und zwar von 1) unberechten, 2) von alle sechs Jahre berechneten, 3) von jährlich berechneten Flächen und 4) von dem benachbarten unveränderten Bestände. Die Flächen werden folgendermaßen beschrieben:

III. Kiefernboden. IV. Ertragsklasse. Bodenflora: Astmoose, Cladonien, sehr sparsam *Aira flexuosa*.

IV. Kiefernboden einer besseren IV. Ertragsklasse.

V. Kiefernboden. III. Ertragsklasse.

VI. Kiefernboden. III. Ertragsklasse. Bodenflora: Viel Gräser (*Aira flexuosa* vorherrschend) Moos, Adlerfarn. Unter der Pflanzendecke eine Schicht von 4—6 cm Rohhumus. Bodenprobe unterhalb letzterer entnommen.

VII. Kiefernboden der III.—IV. Ertragsklasse. Bodenflora: auf den geschonten Flächen geschlossene Polster von Hypnumarten, *Aira flexuosa*, Heidelbeere, schwache Lage von Rohhumus. Auf der berechneten Fläche viel *Dicranum scoparium*. Die sechsjährig berechnete und unberechnete Fläche zeigt reichlichen Wuchs von Heidelbeere, Adlerfarn, und *Aira flexuosa*; sie ist mit einer 3—5 cm mächtigen Lage von Rohhumus bedeckt.

VIII. Kiefernboden. I. Ertragsklasse. Bodenflora: Viel Gräser und Moos, sparsamer Heidelbeere, Adlerfarn, *Thymus serpyllum*, *Melampyrum arvense*. Schwache Lage von Rohhumus, darunter guter Mullboden.

0—11 cm tief.

| Beschaffenheit der Fläche.  | Porenvolumen. |      |      |      |      |       | Humusgehalt. |      |      |      |      |       |
|-----------------------------|---------------|------|------|------|------|-------|--------------|------|------|------|------|-------|
|                             | III.          | IV.  | V.   | VI.  | VII. | VIII. | III.         | IV.  | V.   | VI.  | VII. | VIII. |
| 1. Unberechnete Fläche . .  | 48,6          | 46,7 | 47,9 | 52,4 | 49,7 | 47,9  | 2,16         | 3,05 | 2,06 | 3,36 | 2,66 | 2,06  |
| 2. Alle 6 Jahre ber. Fläche | 51,6          | 46,1 | 49,1 | 56,4 | 49,7 | 49,1  | 2,55         | 3,20 | 1,92 | 3,81 | 3,52 | 1,92  |
| 3. Alljährl. ber. Fläche .  | 48,8          | 50,3 | 51,3 | 60,0 | 55,6 | 51,3  | 2,20         | 3,23 | 2,34 | 5,10 | 5,28 | 2,34  |
| 4. Unveränderter Bestand    | 52,4          | 53,7 | 52,0 | 58,7 | 55,0 | 52,0  | 3,03         | 4,61 | 2,54 | 3,56 | 4,15 | 2,54  |

Die Zusammenstellung ergibt, daß auf den geringen und geringsten Kiefern-  
böden durch eine lang fortgesetzte Streunutzung (für die untersuchten Fälle seit  
20 Jahren) zweifellos eine Bodenverhärtung eingetreten ist. Es ist aber gleichfalls  
unverkennbar, daß auf besseren Böden ein nennenswerther Rückgang des Poren-  
volumens nicht vorliegt. Dagegen ist dasselbe in einzelnen Fällen auf den jährlich  
genutzten Flächen gestiegen. Es findet dies statt, wenn durch die Streuentnahme  
eine Zerstörung der Rohhumusschichten eingetreten ist. Zugleich beweisen diese  
Untersuchungen, daß die Krümelung auf Böden des verschiedensten forstlichen  
Werthes gleich hoch sein kann, offenbar weil ein gewisser Mindestgehalt von  
löslichen Stoffen ausreicht, sie zu erhalten. Es ist aber leicht verständlich, daß  
sie auf armen Böden, wo dieses Minimum durch Auswaschung leicht überschritten  
werden kann, sehr viel rascher zu verschwinden vermag als auf Bodenarten, die  
größere Mengen löslicher Salze enthalten.

In Bezug auf den Wassergehalt des Bodens zeigten die Versuche des Verf.,  
daß derselbe in den berechten Böden durchweg, mit Ausnahme der Oberfläche,  
größer war, als in den geschonten Waldböden. Im Durchschnitt von je 42 Einzel-  
analysen betrug der Wassergehalt des Bodens in Gewichtsprozenten:

|                   |                     | Oberfläche. 25—30 cm |      | 50—55 cm. |       | 75—80 cm |  |
|-------------------|---------------------|----------------------|------|-----------|-------|----------|--|
|                   |                     | tief.                |      | tief.     |       | tief.    |  |
| Mai bis September | berecht . . . . .   | 8,66                 | 4,29 | 4,04      | 4,04  |          |  |
|                   | unberecht . . . . . | 9,32                 | 3,87 | 3,49      | 3,27. |          |  |

Die Ursache dieser Unterschiede führt Verf. einmal auf das leichtere Ein-  
dringen des Wassers in den berechten Boden und andererseits auf die verminderte  
Verdunstung zurück. Die Moosdecke, welche den geschonten Waldboden bedeckt,  
hat eine sehr hohe Wasserkapazität, weshalb geringe Niederschläge von derselben  
festgehalten werden und dem darunter liegenden Boden nicht zu Gute kommen<sup>1)</sup>.  
Im Frühjahr war die berechte Fläche noch fast völlig nackt; je weiter die Jahres-  
zeit fortschritt, um so reichlicher bedeckte der Abfall der Bäume den Boden in  
dünnere Lage: genügend, um die Verdunstung herabzusetzen, zu gering, um nennens-  
werthe Wassermengen in sich aufzunehmen.

**Die Streuentnahme auf Lehm Böden.** Die bezüglichlichen Untersuchungen  
des Verf. sind nach demselben Plane ausgeführt, welcher für Sandböden so über-  
zeugende Resultate ergeben hatte. Die Ergebnisse der Analysen zeigen nun, daß  
die Streunutzung während eines Zeitraumes von 20 Jahren den betreffenden Boden  
in seiner chemischen Zusammensetzung nicht verändert hat, wenigstens nicht in  
einer nachweisbaren Weise. Die Ursache dieses von den Sandböden abweichenden  
Verhaltens ist in den Unterschieden in der Wasserleitung und Wasserkapazität  
zwischen beiden Bodengruppen zu suchen. Die Durchfeuchtung des Bodens erfolgt  
bei dem Sande wegen seiner geringen Wasserkapazität bis zu ungleich größeren  
Tiefen und ungleich schneller, als bei den mit einem größeren Wasserfassungs-  
vermögen ausgestatteten und der Abwärtsbewegung des Wassers größere Hindernisse  
entgegenstellenden Lehm Böden.

Die Bestimmungen der physikalischen Eigenschaften des Bodens<sup>2)</sup> führten zu  
folgenden Ergebnissen:

<sup>1)</sup> Vergl. die Versuche des Ref. im III. Abschnitt dieses Heftes, welche bezüglich der  
Wasserführung im Boden unter der Einwirkung der Streudecke zu Resultaten geführt haben,  
welche von denen des Verf. wesentlich abweichen.

<sup>2)</sup> Die Probe-Entnahme geschah im Dezember.

| Beschaffenheit der Fläche. | Wassergehalt des Bodens. |        |                |        | Prozentvolumen. |                |
|----------------------------|--------------------------|--------|----------------|--------|-----------------|----------------|
|                            | An d. Oberfläche.        |        | 20—30 cm tief. |        | 0—11 cm tief.   | 20—31 cm tief. |
|                            | Gew. %                   | Vol. % | Gew. %         | Vol. % |                 |                |
| I. Unberecht . . . . .     | 15,6                     | 21,7   | 13,8           | 23,9   | 46,9            | 36,7           |
| jährl. berecht . . . . .   | 15,1                     | 21,0   | 12,7           | 20,9   | 46,7            | 39,9           |
| alle 2 Jahre berecht . .   | 17,6                     | 22,7   | 14,1           | 23,1   | 50,4            | 41,0           |
| alle 4 Jahre berecht . .   | 19,9                     | 26,3   | 16,6           | 23,8   | 49,9            | 47,0           |
| II. Unberecht . . . . .    | 15,99                    | 21,6   | 12,09          | 23,9   | 47,9            | 39,9           |
| jährl. berecht . . . . .   | 16,1                     | 22,2   | 15,8           | 22,4   | 46,7            | 43,2           |

Ein bemerkbarer Unterschied im Porenvolumen der jährlich berechtigten und unberechtigten Fläche tritt nicht hervor; dagegen sind die Porenvolumina der in längeren Zwischenräumen genutzten Unterflächen wesentlich höher. Es ist nicht ausgeschlossen, daß dies eine Folge der Beseitigung der Rohhumuslage ist, welche hier wie unter allen Kiefernbeständen sich findet, wenn sie auch meist nur eine geringe Mächtigkeit erlangt. Die auffallend abweichenden Zahlen der tieferen Bodenschichten müssen erst durch eine größere Reihe von Untersuchungen ihre Erklärung finden. Es scheint, als ob die abwechselnde Tiefe, bis zu welcher die Verwitterung auf verschiedenen Stellen der Mergelböden eindringt, hierfür eine ganz besondere Bedeutung hat.

Verf. zieht aus solchen wie den vorstehenden Resultaten die Schlußfolgerung, daß durch eine zwanzigjährige Streunutzung weder in chemischer noch physikalischer Beziehung eine merkbare Veränderung des Bodens eingetreten ist.

Bei Zusammenfassung sämtlicher Versuchsergebnisse gelangt Verf. zu folgenden Schlußfolgerungen:

- 1) Eine Ansammlung von Rohhumus ist unter allen Umständen schädlich für Wald und Boden.
- 2) Arme Böden, insbesondere Sandböden, werden namentlich durch gesteigerte Auswaschung der löslichen Mineralstoffe durch Streunutzung sehr geschädigt.
- 3) Reichere Bodenarten können eine mäßige Streuentnahme ohne Schaden ertragen.

Aus letzterem Satz wird nicht gefolgert werden dürfen, daß die Streuentnahme unschädlich sei; immer werden dem Boden werthvolle Bestandtheile entzogen; wo es also möglich ist, soll man die Streunutzung, soweit es zulässig ist, einschränken, besonders in jenem mittleren Alter der Bäume, in welchem dieselben die höchsten Ansprüche an den Nährstoffvorrath des Bodens stellen. Die Streunutzung ist dementsprechend auf Bestände höheren Alters zu beschränken. Aber auch auf solchen wird man nicht alljährlich die Streudecke entfernen dürfen, ohne auf die Dauer einen Rückgang des Bodens herbeizuführen. Nach Meinung des Verf. soll man die Streunutzung nicht öfter als 5—10 Jahre, je nach Güte des Bodens wiederholen; dies kann aber wohl ohne Bedenken in älteren Beständen



geschehen, welche den besseren Ertragsklassen der betreffenden Baumarten angehören. *E. W.*

**T. Seyfert.** Der Einfluß des Bedeckens und des Mischens der Moorböden mit Sand auf seine Verdunstungs- und Temperaturverhältnisse. Mittheilungen des Ver. z. Förderung der Moorkultur. 1889. Nr. 17-18. S. 205-223. — *Biedermann's* Zentralbl. f. Agrikulturchemie. 1889. S. 678-680.

Aus den Untersuchungen des Verf., welche an der Moorversuchsstation in Bremen ausgeführt worden sind, mögen zunächst folgende Zahlen hier eine Stelle finden.

Von einem Quadratmeter Fläche verdunsteten an Wasser folgende Mengen:

| In der                      | Auf          | Auf mit Sand      | Auf        |
|-----------------------------|--------------|-------------------|------------|
|                             | unbesandetem | oberflächlich ge- | besandetem |
|                             | Moorboden.   | mischtem Moor-    | Moorboden. |
|                             | kg           | kg                | kg         |
| 4. Woche des Juni . . . . . | 22,8         | 6,8               | 2,2        |
| 1. " " Juli . . . . .       | 25,3         | 8,0               | —          |
| 2. " " " . . . . .          | 19,9         | 6,3               | 5,1        |
| 3. " " " . . . . .          | 18,6         | 11,2              | 9,1        |
| 4. " " " . . . . .          | 19,8         | 10,8              | 6,7        |
| 1. " " August . . . . .     | 18,0         | 2,9               | —          |
| 2. " " " . . . . .          | 11,4         | 1,3               | 0,6        |
| 3. " " " . . . . .          | 22,5         | 5,7               | 3,1        |
| 4. " " " . . . . .          | 12,7         | 4,7               | 4,0        |
| 1. " " September . . . . .  | 9,2          | 6,6               | 5,0        |
| 2. " " " . . . . .          | 8,7          | 5,8               | —          |
| 3. " " " . . . . .          | 9,0          | 2,5               | 0,6        |
| 4. " " " . . . . .          | 8,3          | 4,0               | 4,5        |
| 1. " " Oktober . . . . .    | 3,0          | 2,2               | 1,8        |
| In Summa:                   | 209,2        | 78,7              | 42,7       |
| Verhältnisse wie            | 100          | : 38              | : 20.      |

Hiernach wird durch die Bedeckung des Moorbodens mit Sand, und demnächst durch das Vermischen der oberen Schichten mit Sand, die Verdunstung des Bodens in einem außerordentlichen Grade vermindert<sup>1)</sup>.

Daß die durch die Besandung bewirkte Herabsetzung der Verdunstung auf die Bodentemperatur von wesentlichem Einfluß sein muß, liegt auf der Hand. Dazu kommt, daß der dunkel gefärbte Moorboden in der Nacht weit mehr Wärme ausstrahlt, also sich weit stärker abkühlt, als das durch die Vermischung mit Sand heller gefärbte oder gar das mit weißem Sande bedeckte Moor. Beide Ursachen vereinigen sich, um die Durchschnittswärme des besandeten Moores über die des reinen Moorbodens zu erhöhen<sup>1)</sup>, wie beispielsweise aus den folgenden, von *A. König* an der Moorversuchsstation gefundenen Zahlen deutlich hervorgeht. Dieselben geben die durchschnittliche Tagestemperatur des Bodens bei 11 cm Tiefe in Gr. C. an:

<sup>1)</sup> Vergl. diese Zeitschrift. Bd. III. 1880. S. 328 und Bd. VII. 1884. S. 43.

| Datum<br>1878. | Durchschnittliche<br>Luft-<br>temperatur. | Durchschnitts-Temperatur       |                                                     |                          |
|----------------|-------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------|
|                |                                           | nicht besandeter<br>Moorboden. | oberflächlich mit<br>Sand vermischter<br>Moorboden. | besandeter<br>Moorboden. |
| 1. Juli        | 17,6                                      | 18,9                           | 19,4                                                | 20,1                     |
| 2. "           | 15,5                                      | 17,5                           | 17,9                                                | 18,9                     |
| 3. "           | 14,4                                      | 16,2                           | 16,6                                                | 17,0                     |
| 4. "           | 15,0                                      | 15,3                           | 15,6                                                | 16,5                     |
| 5. "           | 15,6                                      | 15,1                           | 15,3                                                | 15,8                     |
| 6. "           | 17,0                                      | 16,1                           | 16,6                                                | 16,9                     |
| 7. "           | 16,8                                      | 16,0                           | 16,3                                                | 16,6                     |
| 8. "           | 15,0                                      | 15,6                           | 15,9                                                | 16,7                     |
| 9. "           | 16,4                                      | 15,1                           | 15,9                                                | 17,0                     |
| 10. "          | 15,0                                      | 15,4                           | 16,0                                                | 16,3                     |
| 11. "          | 14,5                                      | 15,0                           | 15,1                                                | 15,0                     |
| 12. "          | 15,4                                      | 15,0                           | 15,4                                                | 16,0                     |
| 13. "          | 16,2                                      | 14,7                           | 15,0                                                | 15,7                     |
| 14. "          | 14,5                                      | 14,9                           | 15,3                                                | 15,8                     |
| 15. "          | 14,9                                      | 15,0                           | 15,4                                                | 15,6                     |
| 16. "          | 13,9                                      | 14,5                           | 14,7                                                | 15,0                     |
| 17. "          | 17,8                                      | 14,5                           | 15,0                                                | 16,3                     |
| 18. "          | 20,1                                      | 16,2                           | 17,3                                                | 19,5                     |
| 19. "          | 18,9                                      | 16,8                           | 18,4                                                | 20,2                     |
| 20. "          | 18,6                                      | 16,3                           | 18,0                                                | 19,0                     |
| 21. "          | 22,2                                      | 17,2                           | 19,3                                                | 21,2                     |
| 22. "          | 23,9                                      | 19,1                           | 21,2                                                | 22,3                     |
| 23. "          | 21,9                                      | 19,4                           | 21,7                                                | 23,5                     |
| 24. "          | 21,4                                      | 18,4                           | 21,1                                                | 22,5                     |
| 25. "          | 18,7                                      | 18,3                           | 20,8                                                | 21,9                     |
| 26. "          | 17,7                                      | 18,9                           | 20,1                                                | 20,3                     |
| 27. "          | 18,8                                      | 17,6                           | 19,4                                                | 19,9                     |
| 28. "          | 14,4                                      | 17,4                           | 17,7                                                | 17,7                     |
| 29. "          | 14,7                                      | 16,1                           | 16,1                                                | 15,9                     |
| 30. "          | 15,0                                      | 16,2                           | 16,3                                                | 16,4                     |
| 31. "          | 19,0                                      | 16,8                           | 17,2                                                | 18,6                     |
| Mittel:        | 17,1                                      | 16,5                           | 17,3                                                | 18,1.                    |

Aus diesen Zahlen ergibt sich, daß die durchschnittliche Tagestemperatur fast ausnahmslos in dem unbesandeten Boden niedriger war als in dem oberflächlich mit Sand gemischten, und in diesem niedriger als in dem mit Sand bedeckten. Die betreffenden Unterschiede sind so groß, daß dieselben für die Vegetation zweifellos von erheblicher Bedeutung sind. (Anm. des Ref. In den Versuchen des Ref. hatte die Bedeckung eines humosen Kalksandbodens mit einer 2 cm starken Sandschicht den entgegengesetzten Einfluß auf die Bodentemperatur, d. h. eine Erniedrigung der letzteren zur Folge. Diese Widersprüche, welche übrigens durch weitere Versuche des Ref. aufgeklärt werden sollen, lassen sich vielleicht darauf zurückführen, daß

<sup>1)</sup> Vergl. diese Zeitschrift. Bd. III. 1880. S. 346.

in den Beobachtungen König's die Thermometerkugel sich 11 cm unter der Oberfläche der 10 cm starken Sandschicht befand, also nur 1 cm in die Moorschichte ragte und dementsprechend vornehmlich die Erwärmung der Sandschichte und nicht jene des darunter liegenden Moorbodens anzeigte.) E. W.

**P. P. Dehérain.** Untersuchungen über den Stickstoffverlust und Gewinn auf dem Versuchsfelde in Grignon von 1875 bis 1888. *Annales agronomiques.* T. XV. No. 6. p. 241–260.

In vorliegender Untersuchung<sup>1)</sup> theilt Verf. bezüglich des oben bezeichneten Gegenstandes eine Reihe von Untersuchungen mit, welche bei den nicht gedüngten Parzellen des Versuchsfeldes in Grignon ausgeführt wurde. Die Analysen des Bodens wurden mit besonderer Sorgfalt und zwar in folgender Weise ausgeführt. Die Entnahme der Bodenproben erfolgte an acht verschiedenen Stellen der betreffenden Parzellen. Die gewonnenen Proben wurden grob gemischt, an der Luft getrocknet, dann mit der Hand zerrieben, gut gemischt und abgesiebt. Auf demselben Wege wurde eine zweite Durchschnittsprobe hergestellt, worauf beide Proben getrennt von einander untersucht und zwar von jeder zwei Analysen ausgeführt wurden. Wurden hierbei keine genügend übereinstimmenden Resultate erhalten, so wurde eine dritte Probe analysirt. Aus dem Mittel aller gefundenen Zahlen wurde dann der Stickstoffgehalt des Bodens berechnet.

Veränderungen des nicht gedüngten Bodens von 1875 bis 1878. Am Anfang der Versuche, im Jahre 1875 enthielt der Boden 2,04 gr Stickstoff pro kg. Derselbe war mit Luzerne bestanden; es ist also nicht zu verwundern, daß sein Stickstoffgehalt unter solchen Umständen erhöht wurde.

Parzelle 37. Von 1875 bis 1878 wurden alle Ernten gewogen, einige derselben analysirt, so daß man die darin enthaltene Stickstoffmenge berechnen konnte. Auf dem nicht gedüngten Boden machte sich ein beträchtlicher Stickstoffverlust bemerkbar: die Erde enthielt 1878: 1,67 gr Stickstoff pro kg; demnach hatte dieselbe 0,37 gr = 18% verloren. Diese Zahlen sind zuverlässig, insofern sich auch auf den anderen Parzellen ein solcher Verlust gezeigt hatte. Eine Probe des Bodens von Parzelle 5, welche 1875–77 Zuckerrüben, 1878 Futtermais getragen hatte, enthielt nur 1,462 gr Stickstoff. Der Verlust ist also hier noch größer als im vorigen Falle. Auf Parzelle 35 war der Stickstoffgehalt von 2,01 gr pro kg im Jahre 1878 auf 1,68 gr im Jahre 1881 gefallen, also um ca. ein Fünftel. Parzelle 19, welche in den vorbergehenden Jahren stark mit Stallmist gedüngt wurde und Kartoffeln getragen hatte, wurde ohne Dünger 1878 und 1879 weiterhin mit Kartoffeln, 1880 und 1881 mit Getreide bebaut. Sie verlor in den letzten vier Jahren 18,7% ihres Stickstoffgehaltes.

Es ist also festgestellt, daß der Boden des Versuchsfeldes in Grignon, welcher bei einem hohen Gehalt an Stickstoff angelangt war, einen beträchtlichen Stickstoffverlust bei der Kultur ohne Dünger erlitten hatte. Dieser Verlust steht in keinem Verhältniß zu der Entnahme durch die Ernten, denn er beträgt pro Jahr 700 kg, während die letzteren nur 50 bis 100 kg in Anspruch nahmen. Die Ursache des Stickstoffverlustes sucht Verf. in einer starken Oxydation der organischen Substanzen und in einer Auswaschung der gebildeten Nitrate.

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. VI. 1883. S. 61.

Veränderungen des jährlich bearbeiteten Bodens von 1878 bis 1888. Wäre die für die Jahre 1875—1879 konstatierte Stickstoffabnahme in demselben Maße fortgeschritten, so hätte der ungedüngte Boden schließlich vollständig unfruchtbar werden müssen. Dies war aber nicht der Fall, weil sich der Stickstoffverlust in der Folge verminderte und sich selbst zuweilen ein Gewinn zeigte, wie folgende Zahlen darthun:

| Parzellen | 1878 | 1879 | 1881 | 1885 | 1888 | 1889 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|
| ungedüngt | gr   | gr   | gr   | gr   | gr   | gr   |
| 21        | 1,74 | —    | 1,69 | —    | 1,59 | 1,52 |
| 37        | 1,67 | —    | 1,45 | —    | 1,48 | 1,53 |
| 5         | —    | 1,45 | 1,50 | 1,65 | 1,81 | —    |

Parzelle 5, welche von 1879—1888 in Wiese niedergelegt war, hatte von da ab eine stetige Zunahme an Stickstoff erfahren. Die mit Rüben und Mais bebaute Fläche hatte die größten Verluste an Stickstoff erlitten, während die mit Kartoffeln während 5 Jahren und dann mit Getreide kultivierte Fläche vergleichsweise eine geringere Einbuße in ihrem Stickstoffgehalt erfahren hatte.

Berechnet man für Parzelle 21 die Verluste an Stickstoff im Boden und die Entnahme für die Ernten pro ha, so ergeben sich folgende Unterschiede:

|                                            | 1878—1881 | 1881—1888 | 1878—1888 |
|--------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Stickstoffverlust des Bodens: . . . . .    | 193 kg    | 781 kg    | 924 kg    |
| Stickstoffentnahme durch die Ernten: . . . | 254 „     | 460 „     | 714 „     |

Hiernach betrug der Stickstoffverlust des Bodens 210 kg, oder pro Jahr 21 kg.

Die Erde der Parzelle 37 hatte von 1878 bis 1881 einen beträchtlichen Verlust, von 1881—1888 dagegen eine Zunahme an Stickstoff erfahren.

|                                             | 1878—1881 | 1881—1888 | 1878—1888 |
|---------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Stickstoffverlust resp. -Gewinn des Bodens: | 952 kg    | + 116 kg  | 786 kg    |
| Stickstoffentnahme durch die Ernten: . .    | 408 „     | 529 „     | 932 „     |

Im Ganzen hatte somit der Stickstoffgehalt des Bodens zugenommen.

Verf. meint, daß auf den Parzellen 21 und 37 nach einander zwei völlig entgegengesetzte Vorgänge stattgefunden hätten. In der ersten Periode 1875—81 hatten beide sehr viel Stickstoff verloren, von 1881—1889 war die Stickstoffabnahme entweder so gering, daß sie der Entnahme durch die Ernten annähernd entsprach (21), oder es dokumentirte sich eine Stickstoffzunahme (37).

Am Anfang der Versuche waren die Böden reich an organischen Substanzen, resp. Stickstoff, nach einigen Jahren verarmten dieselben, aber nicht kontinuierlich, sondern bis zu dem Punkt, wo der Stickstoffgehalt auf 1,45 bis 1,50 gr pro kg gesunken war. Von diesem Zeitpunkt an scheinen die von *Berthelot* entdeckten, den Stickstoff fixirenden Organismen in Wirksamkeit getreten zu sein und dem Boden so viel Stickstoff zugeführt zu haben, daß trotz Unterlassung der Düngungen und der Ernteentnahme eine Anreicherung des Bodens an Stickstoff eintrat. [Diese Erklärung erscheint dem Ref. sehr gewagt, weil nicht einzusehen ist, warum jene Mikroben, deren Existenz übrigens noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen ist<sup>1)</sup>, erst bei einem gewissen geringeren

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. XII. 1889. S. 98. Anm. d. Ref.

Gehalt des Bodens an organischen Substanzen auftreten und ihre Thätigkeit entfalten.]

Veränderungen eines in Grasland niedergelegten Bodens von 1879—1889. Die Parzellen 1, 4 und 5, welche bei starker Düngung 1875—77 Zuckerrüben, 1878 Futtermais getragen hatten, wurden 1879 mit Esparsette besät, welche besonders 1880 vortrefflich gedieh. 1881 breiteten sich Gräser auf den Parzellen aus, weshalb man zu einer neuen Saat der Esparsette schritt, von welcher 1882 eine mäßige, 1883 eine sehr reichliche Ernte entnommen wurde, worauf der Boden als Grasland benutzt wurde. Die Veränderungen im Stickstoffgehalt des Bodens lassen sich aus folgender Zusammenstellung entnehmen:

| Kulturen                       | Probeentnahme | Düngung v. 1875—1877<br>nachher ohne D. | Immer<br>ohne Dünger |
|--------------------------------|---------------|-----------------------------------------|----------------------|
| Zuckerrüben 1875—1877          | 1875          | 2,04                                    | 2,04                 |
| Futtermais 1878 . . . . .      | 1879          | 1,50                                    | 1,46                 |
| Esparsette 1879—81 . . . . .   | 1881          | 1,65                                    | 1,50                 |
| Esparsette 1882—83 } . . . . . | 1885          | 1,77                                    | 1,65                 |
| Gräser 1884—85                 |               |                                         |                      |
| Grasland 1886—1888 . . . . .   | 1888          | 1,98                                    | 1,81.                |

Berechnet man die Stickstoffmengen pro ha, so erhält man folgende Zahlen

| Stickstoff pro Hektar          |                     | Parzelle            |
|--------------------------------|---------------------|---------------------|
| Parzelle von 1875—1877 gedüngt | dann ungedüngt      | immer ohne Dünger   |
| 1875 . . . . .                 | 7854                | 7854                |
| 1879 . . . . .                 | 5775 — Verlust 2079 | 5621 — Verlust 2208 |
| 1881 . . . . .                 | 6352 — Gewinn 577   | 5775 — Gewinn 154   |
| 1885 . . . . .                 | 6814 — „ 462        | 6352 — „ 578        |
| 1888 . . . . .                 | 7628 — „ 809        | 6968 — „ 616.       |

Der Gewinn des Bodens von 1879—1888 ist demnach in einem Fall 1848 kg, in dem anderen 1338 kg. Um den Gesamtgewinn an Stickstoff zu berechnen, müssen noch die in den Ernten abgeführten Stickstoffmengen berechnet werden. Dieselben betragen 1210 kg resp. 918 kg. Somit beträgt die Zunahme: 1848 + 1210 = 3058 und 1338 + 918 = 2256 kg. Der jährliche Gewinn betrug hiernach 306 resp. 226 kg. Diese Zahlen lassen also erkennen, daß ein als permanentes Grasland niedergelegter Boden fortwährend an Stickstoff bereichert wird.

Die Ursache dieser Erscheinung führt Verf. auf die Thätigkeit der Mikroorganismen des Bodens zurück, weil die Gräser nicht im Stande sind, sich den Stickstoff der Luft, wie die Leguminosen, anzueignen. Dafür scheint die Thatsache zu sprechen, daß der Stickstoffgewinn durch den Boden größer ist als jener durch die Pflanze, wie folgende Zahlen darthun.

| Parzelle 1875—1877 gedüngt<br>dann ungedüngt durch | Ungedüngte Parzelle durch |           |             |      |
|----------------------------------------------------|---------------------------|-----------|-------------|------|
| den Boden                                          | die Pflanze               | den Boden | die Pflanze |      |
| 1886—88                                            | 809                       | 255       | 612         | 218. |

Der Totalgewinn beträgt hiernach pro Jahr 354 resp. 275 kg. Verf. weist darauf hin, daß diese Werthe mit den von *Berthelot* ermittelten gut übereinstimmen.

Schließlich untersucht Verf. den Stickstoffgewinn auf den mit Esparsette 1879—1881 bestandenen Parzellen, um eine Parallele zwischen den Gräsern und

den Leguminosen in dieser Richtung ziehen zu können. Für diese Flächen wurden folgende Zahlen gewonnen:

|            | Parzelle 1875—1877 gedüngt<br>dann ungedüngt durch |             | Ungedüngte Parzelle durch |             |
|------------|----------------------------------------------------|-------------|---------------------------|-------------|
|            | den Boden                                          | die Pflanze | den Boden                 | die Pflanze |
| 1879 —1881 | 577                                                | 488         | 154                       | 351         |
| Pro Jahr   | 192                                                | 162         | 51                        | 117.        |

In dem einen Fall ist der Gewinn durch die Pflanze größer als jener durch den Boden, in dem anderen Fall stellen sich die Werthe ziemlich gleich, während bei den Gräsern der Stickstoffgewinn durch den Boden jenen durch die Pflanze wesentlich übertrifft. Die Ursache hiervon beruht auf dem Vermögen der Leguminosen, den freien Stickstoff der Luft sich anzueignen, wohingegen die Gramineen auf den Stickstoff des Bodens angewiesen sind. *E. W.*

**J. B. Lawes.** Die Veränderungen des Bodens unter einer Grasdecke. (Aus: The history of a field newly laid down to permanent Grass.) Journ. of the Agric. Soc. of England. Vol. XXV. — S. S. Part. I. London. 1889.

Verf. weist, ehe er auf eine Diskussion der Resultate seiner Versuche über die Veränderungen des Bodens unter einer Grasdecke eingeht, auf einige allgemeine Unterschiede zwischen dem bearbeiteten und dem unter permanentem Gras gehaltenen Boden.

Die nach der Aberntung dem Boden verbleibenden Rückstände sind sehr verschieden, je nach der Pflanze, mit welcher das Feld bestanden war. Pro 9 Zoll Tiefe stellten sich diese Verhältnisse (in Pfunden pro Acre) in Rothamsted wie folgt:

|             | Gerste  |          | Klee    |          | Gras<br>(ausdauernd)               |
|-------------|---------|----------|---------|----------|------------------------------------|
|             | Wurzeln | Stoppeln | Wurzeln | Stoppeln | Vegetabilische Substanzen          |
| Stickstoff: | 536     | 1104     | 3107    | 2669     | 16601—24548<br>125 <sup>1</sup> ). |

Nachdem die Wurzeln abgedüngt worden waren, betrug der Stickstoffgehalt der trockenen Feinerde bei

| Gerste   | Klee     | Gras     |
|----------|----------|----------|
| 0,1416 % | 0,1566 % | 0,2346 % |

Da das Gewicht der Ackererde pro Acre und 9 Zoll sich stellte auf  
2600000 Pfd.      2600000 Pfd.      2000000 Pfd.,  
so berechnet sich hiernach die Stickstoffmenge der Feinerde der ganzen Bodenmasse zu

|           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|
| 3862 Pfd. | 4072 Pfd. | 4692 Pfd. |
|-----------|-----------|-----------|

Bei dem permanenten Graslande betrug das Maximum: 0,2737% oder 5474 Pfd. Stickstoff pro Acre. Aus diesen Zahlen ist deutlich zu entnehmen, daß der Boden der permanenten Grasfläche am reichsten an Stickstoff war, dann folgte derjenige des Kleefeldes, während das Gersteland die geringsten Stickstoffmengen enthielt.

Im Maximum 180 Pfund.

Mit der Stickstoffzunahme, welche bei der Herstellung einer permanenten Grasdecke auf dem bearbeiteten Land sich zeigte, trat gleichzeitig eine solche an Kohlenstoff ein. Die obersten Bodenschichten der Grasflächen enthielten 13–14 Theile Kohlenstoff auf 1 Theil Stickstoff, jene des bearbeiteten Landes 10–11 Theile Kohlenstoff auf 1 Theil Stickstoff. Das Verhältniß des Kohlenstoffs zum Stickstoff in den obersten Bodenschichten ist jedoch sehr viel geringer als in der Vegetation über denselben und als in den abgesonderten Wurzeln. Sowohl der Stickstoff des Bodens als der Kohlenstoff stammen einerseits von den Pflanzenresten, andererseits von dem zugeführten Dünger her, aber zum größten Theil von ersteren; jene Bestandtheile unterliegen einer Zersetzung, und verlieren viel von ihrem Kohlenstoff, während beständigere Verbindungen zurückbleiben. Derartige Anhäufungen tragen wesentlich zur Fruchtbarkeit des Bodens bei. Wird solches Land umgebrochen und bearbeitet, so vermindert sich seine Fruchtbarkeit rasch.

Die Ursachen der geschilderten Veränderungen des Grasbodens können auf Grund der zahlreichen Analysen des Bodens, welche in Rothamsted ausgeführt wurden, annähernd ermessen werden. Die ersten Bodenproben wurden im Januar 1879 (letzte Ernte im vergangenen Juli), die letzte Probe im September 1888 (nach dem zweiten Schnitt) entnommen.

Die Bodenproben wurden mittelst eines oben und unten offenen stählernen Rahmens, von quadratischem Querschnitt (12 : 12 Zoll) durch Eintreiben desselben in den Boden bis zum Rande herausgenommen. Die oben befindlichen Pflanzen wurden so dicht an der Oberfläche als möglich abgeschnitten, worauf der Boden in dem Rahmen gewogen und alsdann zum Theil getrocknet wurde. Mit Hilfe von Sieben wurde weiterhin der Boden einer mechanischen Trennung unterzogen, wobei alle sichtbaren vegetabilischen Substanzen abgesondert wurden. Auf diese Weise wurden die Steine und Wurzeln von dem Boden getrennt. Die Bestimmungen der Trockensubstanz, des Stickstoffs, zuweilen auch des Kohlenstoffs, und anderer Bestandtheile wurden in dem abgeseibten Boden, nachdem derselbe gepulvert worden war, vorgenommen.

Zu den oben bezeichneten beiden Terminen wurden je sechs resp. fünf Bodenproben an verschiedenen Stellen des Landes ausgehoben und untersucht. Die Resultate (pro Acre) in Pfunden waren folgende:

|                                                                          | 1. Januar 1879 (6 Proben) |         |              | 26. September 1888 (5 Proben) |         |         |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------|--------------|-------------------------------|---------|---------|
|                                                                          | Min.                      | Max.    | Mittel       | Min.                          | Max.    | Mittel  |
| Gewicht des Bodens <sup>1)</sup>                                         | 3642024                   | 3771343 | 3697609      | 3170351                       | 3449408 | 3366915 |
| Steine u. s. w. . . .                                                    | 800061                    | 1028125 | 907618       | 752771                        | 1035367 | 904987  |
| Wurzeln u. s. w. . .                                                     | 8875                      | 16008   | 11561        | 7623                          | 12523   | 10400   |
| Wasser . . . . .                                                         | 761757                    | 782051  | 769846       | 423327                        | 627722  | 543150  |
| Feinerde (trocken) .                                                     | 1951638                   | 2062523 | 2008584      | 1798008                       | 2059114 | 1908978 |
| Nach Abzug des Wassers stellt sich das Gewicht des gesammten Bodens auf: | 1879                      |         | 1888         |                               |         |         |
|                                                                          | 2927763 Pfd.              |         | 2828765 Pfd. |                               |         |         |

Hiernach hat sowohl der Gesammtboden als auch die Feinerde im Jahre 1888

<sup>1)</sup> Nach der Probeentnahme.

ein geringeres Gewicht als im Jahre 1879. Der Gehalt an Steinen, Wurzeln und Wasser ist dagegen 1879 größer als im ersteren Jahre. Dem Ref. erscheint es unstatthaft, aus diesen Differenzen irgend welche Gesetzmäßigkeiten ableiten zu wollen, weil bei der Uebertragung der bei kleinen Bodenproben ermittelten Daten auf größere Flächen die selbst bei sorgfältigster Ausführung der Versuche nicht zu vermeidenden Fehler in außerordentlichem Grade vergrößert werden, ganz abgesehen von den Schwierigkeiten, welche die Bestimmung der mittleren Beschaffenheit des Bodens einer größeren Fläche selbst bietet. Die außerordentlichen Abweichungen, welche in den Einzelbestimmungen hervortraten (vergl. die Minimal- und Maximalzahlen) zeigen zur Genüge, daß es in der That unmöglich ist, aus der Untersuchung weniger Bodenproben ein zuverlässiges Bild von den Eigenschaften des Bodens einer größeren Ackerfläche zu gewinnen. Zieht man diese Verhältnisse in Betracht, so kann man die in den verschiedenen Jahren ermittelten Zahlen als ziemlich gut übereinstimmend betrachten. Will man dennoch den hervorgetretenen Unterschieden eine Bedeutung beilegen, so wird man wohl keine andere Gesetzmäßigkeit ableiten dürfen, als die, daß das Land bis zu 9 Zoll Tiefe im Jahre 1879 mehr Erde enthielt, als im Jahre 1888, woraus geschlossen werden könnte, daß der Boden in den 10 Versuchsjahren lockerer geworden ist. Die Ursachen der Differenzen im Wassergehalt des Bodens erklären sich natürlich in einfacher Weise aus solchen in der Witterung.

In den sechs Bodenproben von 1879 und den fünf Bodenproben von 1888 wurden zwei oder mehrere Stickstoffbestimmungen ausgeführt, ebenso in dem Gemisch der Proben in den beiden Versuchsjahren. Die Mittel stellten sich wie folgt:

|                                                | 1879      | 1880      |
|------------------------------------------------|-----------|-----------|
| Feinerde (trocken) pro Acre . . . . .          | 2008584 ℥ | 1908978 ℥ |
| Mittlerer Stickstoffgehalt d. einzelnen Proben | 0,2024%   | 0,2423%   |
| in dem Gemisch . . . . .                       | 0,2057 „  | 0,2405 „  |
| Mittel aus beiden . . . . .                    | 0,2041 „  | 0,2414 „  |

Die Stickstoffmenge pro Acre berechnet sich hiernach zu:

|                                 | 1879   | 1880   |
|---------------------------------|--------|--------|
| Mittel aus den einzelnen Proben | 4062 ℥ | 4618 ℥ |
| „ aus dem Gemisch . . .         | 4132 „ | 4591 „ |
| „ aus beiden . . . . .          | 4097 „ | 4604 „ |

Die Stickstoffzunahme von 1879 bis 1880 betrug sonach 507 ℥ oder ca. 50 ℥ pro Jahr. Leider hat Verf. als das Land früher (1856) in Bearbeitung genommen wurde, keine Stickstoffbestimmungen ausgeführt; es wäre dies zur Beurtheilung der Veränderungen des Bodens in bezeichneter Richtung von Interesse gewesen. Allein die zahlreichen Analysen, welche bei dem Boden des bearbeiteten Landes vorgenommen wurden, gaben einen Anhalt dafür, daß die Ackererde im Anfang gegen 0,14% Stickstoff in 9 Zoll Tiefe enthalten hat. Das bearbeitete Land enthielt aber 2400000 ℥ Boden pro Acre, statt 2000000 ℥ in dem Falle, wo es mit Gras besetzt war. Berechnet man die Stickstoffmenge für 2400000 ℥ des ursprünglichen Bodens, so erhält man, bei einem Gehalt von 0,14%, 3360 ℥. Daran ist die Stickstoffmenge von 400000 ℥ derjenigen Schicht abzuziehen, welche unter der vom Pfluge bearbeiteten lag. Da der Gehalt für jene nur 0,08% be-



trug, so berechnet sich hiernach für jene 400000  $\bar{n}$  eine Stickstoffmenge von 320  $\bar{z}$ . Für die oberen 2000000  $\bar{n}$  der trockenen Feinerde stellt sich somit die Stickstoffmenge auf 3360—320 = 3040  $\bar{z}$ , und zwar für das Jahr 1856.

Um den Gang in den Veränderungen des Stickstoffgehaltes der Ackererde zu bemessen, berechnet weiterhin Verf. die ermittelten Daten auf 2000000  $\bar{z}$  Feinerde. Die Differenz von beinahe 100000  $\bar{z}$ , welche sich bei Vergleich der im Jahre 1888 und 1879 für die Feinerde ermittelten Daten ergibt, betrachtet Verf. so, als wenn dieselbe dem Untergrund angehört hätte. Da der Stickstoffgehalt des letzteren zu 0,09% angenommen werden kann, so berechnet sich die Stickstoffmenge dieser Schicht zu (2000000 — 1909000) = 91000  $\times$  0,09 = 82  $\bar{z}$ . Rechnet man diese Menge zu der bereits durch Analyse gefundenen hinzu, so erhält man für 2000000  $\bar{z}$  Ackererde : 4604 + 82 = 4686  $\bar{z}$  Stickstoff; dies macht 0,2345% aus. Die in solcher Weise berechneten Zahlen, sammt denjenigen durch die Analyse gefundenen, läßt nun den Gang der Veränderungen im Stickstoffgehalt des Bodens, wie folgt, erkennen:

| Jahr | Zahl der Jahre | Proz. in den oberen Schichten (trocken) | Stickstoff     |                 |                          |
|------|----------------|-----------------------------------------|----------------|-----------------|--------------------------|
|      |                |                                         | Pro Acre total | Gewinn pro Acre | Gewinn pro Acre und Jahr |
| 1856 | —              | 0,1520                                  | 3040 $\bar{z}$ | —               | —                        |
| 1866 | 10             | 0,1749                                  | 3497 "         | 457             | } 45,7                   |
| 1879 | 13             | 0,2046                                  | 4091 "         | 594 "           |                          |
| 1888 | 10             | 0,2345                                  | 4690 "         | 599 "           |                          |
| 33   |                | —                                       | —              | 1650 $\bar{z}$  | 50,0.                    |

Diese Zahlen zeigen deutlich, daß vom Jahre 1856 bis 1888 eine stetige Zunahme von Stickstoff in dem Boden stattgefunden hatte, und daß dieselbe in der Periode, während welcher der Boden unter einer Grasdecke erhalten wurde, beträchtlicher war, als in den früheren Jahren.

Der betreffende Gewinn ist unabhängig von der Menge der im Boden enthaltenen Wurzeln und vegetabilischen Substanzen, wie folgende Zahlen darthun.

|                                          | 1879            | 1888            |
|------------------------------------------|-----------------|-----------------|
| Wurzeln pro Acre . . . . .               | 11561 $\bar{z}$ | 10400 $\bar{z}$ |
| Stickstoffgeh. der lufttrockenen Wurzeln | 0,767%          | 0,750%          |
| Stickstoffmenge pro Acre . . . . .       | 88,3            | 77,9.           |

Trotzdem der Boden, wie die oben mitgetheilten Daten zeigen, in seiner Fruchtbarkeit zugenommen hatte, war doch die Menge der Wurzeln 1888 geringer als 1879. Diese Unterschiede führt Verf. darauf zurück, daß die vegetabilischen Substanzen im September 1888, nach 2 großen Ernten, mehr zersetzt waren als im Januar 1879, wo seit dem vorhergegangenen Sommer keine Ernte stattgefunden hatte.

Die Stickstoffzunahme führt Verf. auf verschiedene Ursachen zurück. Sehr wahrscheinlich haben die tiefwurzelnden Leguminosen und anderen Pflanzen, welche zwischen den Gräsern wuchsen, aus dem Untergrunde Stickstoff in Form von Nitraten aufgenommen. Ebenso kann eine Ueberführung des freien Stickstoffs der Luft in gebundenen durch die Leguminosen resp. durch die Mikroorganismen des Bodens stattgefunden haben. Dazu kommt, abgesehen von den durch die atmosphärischen Niederschläge zugeführten Stickstoffmengen, daß auf

einem mit perennirenden Pflanzen bestandenen Boden nach den Untersuchungen des Ref.<sup>1)</sup> die Sickerwassermenge sehr gering ist und demzufolge auch die Auswaschung der Stickstoffsäuren des Bodens.

Der im Boden sich anhäufende Stickstoff stammt natürlich vornehmlich aus den sich zersetzenden Pflanzenresten. Der Zerfall der letzteren ist wegen der Verminderung des Luftzutrittes, wie solche in einem nicht bearbeiteten und mit einer dichten Pflanzendecke versehenen Boden sich allmählich vollzieht, sowie in Folge der relativ niedrigen Bodentemperatur wesentlich verlangsamt. (D. Ref.)

Ueber die näheren Umstände bezüglich der Ursachen der Stickstoffanreicherung des Bodens unter vorliegenden Verhältnissen gedenkt Verf. eine Reihe weiterer Versuche anzustellen.

E. W.

**A. B. Frank.** Ueber den gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse der Assimilation elementaren Stickstoffs durch die Pflanze. Ber. d. deutschen bot. Ges. Bd. VII. 1889. Heft 5. S. 234—247 u. bot. Zentralblatt von O. Uhlworm. 1889. Bd. XL. S. 296.

Verf. hatte schon im Jahre 1886 die physiologisch interessante und für die Landwirthschaft wichtige Thatsache nachgewiesen, daß — entgegen der Lehre von *Boussingault* — die lebende Pflanze die Fähigkeit besitzt, den elementaren Stickstoff der Atmosphäre zu assimiliren; in einer späteren Abhandlung (Landw. Jahrbücher. 1888. Heft 2—3) hat sich Verf. auf Grund neuerer Beobachtungen dahin ausgesprochen, daß unter den gewöhnlichen natürlichen Verhältnissen eine Bindung von freiem Stickstoff durch den Erdboden selbst ohne Betheiligung pflanzlicher Organismen nicht anzunehmen sei, daß somit die Thätigkeit der lebenden Pflanze allein die Ueberführung atmosphärischen Stickstoffs bedinge. Zugleich wurde die Assimilationsfähigkeit des elementaren Stickstoffs bei Leguminosen, Cruciferen, Gramineen und (erdbewohnenden) Algen nachgewiesen. Dagegen behauptet *Hellriegel*<sup>2)</sup>, daß erstens die Leguminosen das Privilegium hätten, außer gebundenen auch elementaren Stickstoff zu assimiliren, und zweitens, daß sie diese Fähigkeit nicht sich selbst verdanken, sondern jenen bezüglich ihrer wahren Natur bekanntlich noch sehr umstrittenen Inhaltskörpern<sup>3)</sup>, welche in den Wurzelknöllchen jener Pflanzen enthalten sind. Alle anderen Gewächse — insbesondere werden den Leguminosen die Gramineen gegenübergestellt — wären auf Assimilation von Stickstoffverbindungen (Nitraten u. s. w.) angewiesen.

Diese von *Hellriegel* vertretene und begründete Ansicht, daß es den Nicht-Leguminosen an der Fähigkeit, freien Stickstoff zu assimiliren, gebricht, unterzieht Verf. in der vorliegenden Schrift einer ausführlichen Kritik. Er sucht den Nachweis zu liefern, daß die betreffenden Versuche *Hellriegel's* nicht die Exaktheit besäßen, die bei der Beantwortung der vorliegenden Frage unbedingt gefordert werden muß. So wird unter Anderem darauf hingewiesen, daß eine Stickstoffbestimmung des Bodens nach der Ernte nicht gemacht wurde, daß daher Niemand weiß, wieviel die Versuchspflanzen (Gerste, Hafer, Leguminosen) von dem vorher in den Boden gebrachten Nitrat in demselben zurückgelassen hatten, und

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. X. 1887. S. 261 u. Bd. XII. 1889. S. 1.

<sup>2)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. XII. 1889. S. 99.

<sup>3)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. XII. 1889. S. 103 u. 105.

daß auch folglich Niemand behaupten kann, daß der Stickstoff, den die Pflanzen schließlich enthielten, ganz aus den zugesetzten Nitraten stammte. Auch eine Reihe anderer Kulturversuche *Hellriegel's*, in denen *Polygonum Fagopyrum*, *Brassica Rapa*, *Helianthus annuus* und *Cannabis sativa* in einem stickstofffreien Sande ein kümmerliches Dasein fristeten, konnte die Frage der Stickstoffassimilation nicht entscheiden, „da es zu merklicher Ausübung des Vermögens, freien Stickstoff zu assimiliren, einer gewissen Erstarkung der Pflanzen bedarf“.

Verf. stellte selbst Vegetationsversuche in einem ziemlich schweren, bündigen, im Humusgehalte geringen Auenlehm Boden an. Große, 40 cm weite Glasschalen wurden mit je 8800 gr des zerkleinerten und gesiebten Bodens gefüllt. In die eine Schale wurden 20 Haferkörner, in die zweite 40 Körner Sommerraps eingesät, die dritte blieb vergleichsweise ohne Einsaat. Der Boden wurde nur mit destillirtem Wasser begossen. Die Stickstoffbestimmungen wurden von Prof. *Hobbs* mit größter Sorgfalt ausgeführt und zwar nach der für die Stickstoffbestimmung im Boden allein zulässigen Methode durch Verbrennen mit Natronkalk. Das Resultat war folgendes:

1. Hafer. Versuchsdauer 102 Tage; 19 Pflanzen mit ca. 530 reifen Körnern.

| Stickstoffgehalt des Bodens    | Stickstoff in                 |
|--------------------------------|-------------------------------|
| vor der Kultur . . . . 0,118 % | der Aussaat . . . . 0,0142 gr |
| nach der Ernte . . . . 0,131 „ | der Ernte . . . . 0,487 „     |

2. Raps. Versuchsdauer 106 Tage; 24 Pflanzen mit 254 reifen Schoten.

| Stickstoffgehalt des Bodens    | Stickstoff in                 |
|--------------------------------|-------------------------------|
| vor der Kultur . . . . 0,118 % | der Aussaat . . . . 0,0033 gr |
| nach der Ernte . . . . 0,125 „ | der Ernte . . . . 0,337 „     |

3. Boden ohne Vegetation. Versuchsdauer 106 Tage.

|                                   |         |
|-----------------------------------|---------|
| Stickstoffgehalt vor dem Versuche | 0,118 % |
| „ nach „ „                        | 0,110 „ |

Es fand somit eine reichliche Bindung von atmosphärischem Stickstoff statt, ohne daß der Boden, in dem die Pflanzen sich entwickelten, ärmer an Stickstoff wurde. Dieses Resultat, zusammengehalten mit den Ergebnissen anderer Autoren (*Joulié* etc.) und besonders mit den Beobachtungen des Verfassers über die Stickstoffanreicherung der Algen, hat ergeben, „daß die *Hellriegel'sche* Auffassung von dem Vorgange der Assimilation elementaren Stickstoffs unzutreffend ist, daß vielmehr diese Fähigkeit in weiter Verbreitung über das Pflanzenreich zu finden, jedenfalls nicht auf eine Familie zu beschränken ist“. Dafür, daß bei Cruciferen, Gramineen, Algen etc. die Assimilation elementaren Stickstoffs durch die Thätigkeit von Mikroorganismen bewirkt werde, liegt nicht der mindeste Anhalt vor.

Es ist daher auch unwahrscheinlich, daß gerade die Leguminosen gezwungen wären, zu einem besonderen Hilfsmittel Zuflucht zu nehmen. Könnten aber die letztgenannten Pflanzen in ihrer Fähigkeit, elementaren Stickstoff zu assimiliren, nicht vielleicht durch Symbiose mit gewissen niederen Organismen eine besondere Förderung erfahren? Dies ist zwar a priori nicht unmöglich, aber es ist auch nicht bewiesen, daß jene Inhaltskörper der Leguminosen — mögen

Bakterien, Bakteroiden, Albumingebilde oder sonst etwas sein — es sind, welche den Leguminosen den elementaren Stickstoff assimiliren.

Verf. bespricht hierauf jene Versuche von *Hellriegel*, bei denen es gelang, Pflanzen, die in einem fast stickstofffreien Boden kultivirt wurden, dadurch vor dem Hungertode zu retten, daß dem Boden ein wäßriges Extrakt aus einem fast homöopathisch kleinen Quantum eines natürlichen Ackerbodens zugesetzt wurde, wobei es sich zugleich herausstellte, daß nicht jeder Ackerboden auf jede Pflanzenart diese Wirkung ausübte, und daß die Wirkung überhaupt ausblieb, wenn der Bodenauszug vorher sterilisirt worden war, so daß an eine Art fermentativer Wirkung gedacht werden könnte. An den verhungerten Pflanzen fehlten die Wurzelknöllchen, an den kräftig sich entwickelnden kamen sie zum Vorschein. Die Folgerung, die man logischerweise hieraus ziehen kann, ist, daß derjenige kräftige Entwicklungszustand, den auch andere Pflanzen erreichen müssen, um in ihrer Stickstoffassimilation genügende Energie zu entfalten, bei den Leguminosen auch durch eine (in ihrem Wesen noch ganz unbekannt) fermentative Einwirkung des natürlichen Erdbodens erreicht werden kann. Aus einer Reihe eigener Impf- und Kulturversuche, die Verf. mit sterilisirten und nicht sterilisirten Bodenarten angestellt hat <sup>1)</sup>, geht hervor, daß, wenn die Entstehung der Wurzelknöllchen der Papilionaceen wirklich durch eine Art von Infektion zu Stande kommt, die Ansicht *Hellriegel's*, daß dies bei jeder Leguminose durch einen spezifischen *Bacillus* geschieht, mit den wirklichen Thatsachen nicht im Einklang steht, daß es vielmehr überall ein und dasselbe Ferment zu sein scheint, welches in allen Naturböden, aber in ungleicher Häufigkeit vorhanden ist. — Jedenfalls bedarf es noch weiterer, sehr rigoros auszuführender Versuche, um den Beweis zu erbringen, daß die Assimilation des freien Luftstickstoffs bei den Leguminosen prinzipiell anders erfolgt als bei allen anderen Pflanzen. — Zum Schluß berührt Verfasser noch die landwirthschaftliche Bedeutung der Stickstoffassimilation und zeigt, daß die landwirthschaftliche Unterscheidung der Pflanzen in Stickstoffsammler und Stickstoffzehrer keineswegs gleichbedeutend ist mit einer prinzipiellen Verschiedenheit derselben hinsichtlich der Physiologie ihrer Stickstoffernährung.

**A. Przymowski. Das Wesen und die biologische Bedeutung der Wurzelknöllchen der Erbse.** Bulletin d. k. k. Akad. d. Wissensch. in Krakau. Juni 1889. — *Biedermann's* Zentralblatt f. Agrikulturchemie. 1889. Heft XI. S. 779.

Schon früher hatte Verf. dargethan <sup>2)</sup>, daß die Wurzelknöllchen der Leguminosen nicht zu den normalen Bildungen der Wurzeln gehören, sondern durch einen Pilz hervorgerufen werden, dessen Keime in dem Boden vorkommen müssen. Neuere Untersuchungen erlauben nun dem Verf. noch folgende Angaben zu machen. Die infizirenden Knöllchenorganismen sind Bakterien, welche *Beyerinck* <sup>3)</sup> aus den Knöllchen verschiedener Pflanzenspezies herangezüchtet hat. Namentlich aus jugendlichen Knöllchen können die Bakterien leicht in Reinkultur erhalten werden und dann durch beliebig lange Reihen von Generationen ver-

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. XII. 1889. S. 106.

<sup>2)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. XII. 1889. S. 103.

<sup>3)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. XII. 1889. S. 105.

mehrt werden. Der ursächliche Zusammenhang zwischen den so gezüchteten Bakterien und den Wurzelknöllchen wurde durch Versuche bewiesen, in denen zur Infizierung von Pflanzen Bakterien verwendet wurden, welche durch Tausende von Generationen von den ursprünglich aus den Knöllchen gezüchteten Bakterien getrennt waren.

Die Bildung der Knöllchen erfolgt nur im jugendlichen Zustande der Wurzel und ihrer Verzweigungen; ältere und zur Zeit der erfolgten Infektion ausgewachsene Theile der Wurzel können durch Knöllchenbakterien nicht mehr zur Ausbildung der Knöllchen veranlaßt werden. Infiziert man die Pflanzen erst zwei bis drei Wochen nach dem Aufgange der Samen, so bleiben sämtliche Wurzeltheile, welche zu dieser Zeit schon ausgewachsen waren, bis zum Lebensende der Pflanze knöllchenfrei.

Die Knöllchenbakterien dringen direkt durch jugendliche (nicht verkorkte) Zellmembranen in die Wurzelhaare und Epidermiszellen der Wurzel ein und vermehren sich dort auf Kosten des plasmatischen Inhalts der Zellen. Dann vereinigen sie sich in der Nähe des Scheitels der Wurzelhaare zu traubenförmigen Konglomeraten von Kolonien, welche sich immer dichter aneinanderlegen, dann sich mit einer derben, glänzenden Membran umhüllen und unter Vermittelung der letzteren mit der Zellmembran des Wurzelhaares verwachsen. Es entsteht so an der Innenwand des Haares und nahe am Scheitel ein glänzender Knopf, welcher in den meisten Fällen noch von freien, d. h. nicht mit Membran umhüllten Bakterienkolonien umgeben ist. Um diesen Knopf krümmt sich der Scheitel des Wurzelhaares hirtensstab- oder schraubenförmig ein, so daß der Bakterienknopf in die Mitte der Schraube zu liegen kommt, und dann wächst aus demselben gegen die Basis des Wurzelhaares ein hyphenähnlicher Schlauch hervor, welcher nach Außen von einer glänzenden Membran umgeben und im Innern mit Bakterien dicht erfüllt ist.

Der Bakterien Schlauch wächst nun aus dem Wurzelhaare in die Epidermis und die Rinde der Wurzel hinein und kann bis zur Endodermis des zentralen Wurzelzylinders eindringen. Er durchbohrt die Membranen der Rindenzellen, spaltet sie meist in zwei Lamellen und verbreitet sich in dem so gebildeten Spalte, so daß an der Durchwachungsstelle eine mehr oder weniger deutliche Anschwellung entsteht, welche nach Außen von den beiden Lamellen umgrenzt, im Innern aber mit Bakterien dicht erfüllt ist. Sobald die Bakterien schläuche in die tieferen Schichten der Rinde eingedrungen sind, fangen die nächstgelegenen Zellen an, sich durch Theilung zu vermehren. Gleichzeitig sprossen aus den Bakterien schläuchen zahlreiche dünne Zweige hervor, welche in die neu entstandenen Zellen hineinwachsen und sich durch weitere Verzweigungen verbreiten. In Folge dieser Theilungen bildet sich alsbald in der Tiefe der Rinde ein meristematisches Gewebe, welches durch weitere Theilungen rasch an Größe zunimmt und in welchem sich bald die charakteristischen Gewebe der Knöllchen differenzieren. In der Mitte entsteht ein parenchymatisches, ziemlich weitzelliges Gewebe, dessen Zellen nach allen Richtungen von den reich verzweigten Bakterien schläuchen durchsetzt werden, später durch Auflösung der Membranen der Schläuche sich mit den aus demselben befreiten Bakterien erfüllen und so zum Bakteroidengewebe der Autoren werden.

Nachdem die Gewebe der Knöllchen sich differenzirt haben und die Bakterien durch Auflösung der Membranen der Schläuche frei geworden sind, vermengen sich letztere mit dem plasmatischen Inhalte der Zellen, vermehren sich durch Wachstum und Spaltungen, nehmen gabelige Gestalt an und werden so zu Bakteroiden.

Aus seinen Versuchen zieht Verf. den Schluß, daß durch die Knöllchenbildung die Ernährung und Entwicklung der Pflanzen gefördert wird, indem selbst Pflanzen, denen alle Nährstoffe zur Verfügung standen, ein kräftigeres Wachstum zeigten und höhere Ernten ergaben, wenn sie mit Knöllchenbakterien infiziert waren als ohne solche. Pflanzen in einem vollständig stickstofffreien Boden wuchsen normal und gaben ziemlich ansehnlichen Stickstoffgewinn. Unter Vermittelung der Knöllchenbakterien können Pflanzen (Erbsen) aus dem Stickstoffvorrathe der Atmosphäre mit Stickstoff versorgt werden. Ob dieser Stickstoff aus den atmosphärischen Stickstoffverbindungen oder aus dem elementaren Stickstoff stammt, darüber sagen die Versuche nichts aus, ebensowenig wie über den Antheil, welcher bei diesem Prozesse den Knöllchenbakterien oder der Pflanze selbst zukommt. Dagegen kann Verf. genauere Angaben über die Art und Weise machen, wie sich die Pflanze die Gegenwart der Bakterien zu Nutze macht. Kultivirt man Bakterien aus den Wuzelknöllchen der Erbse in künstlichen Nährmedien, so vermehren sie sich in unbegrenzter Zahl durch Spaltungen, und behalten dabei ihre Form und Beweglichkeit. Im Knöllchen unter dem Einfluß der Pflanze verändern sie ihre Gestalt und werden schließlich aufgelöst. Es ergibt sich hieraus, daß die Pflanze sich nach und nach der Bakterien bemächtigt und ihre Körpersubstanz sich zu Nutze macht.

Wann die Entleerung beginnt und mit welcher Energie, hängt in erster Linie von der Menge der Stickstoffverbindungen ab, welche der Pflanze im Boden zur Verfügung stehen. In einem an Stickstoff reichen Boden geht die Entwicklung der Knöllchen ungehindert von Statten, die Knöllchen wachsen zur ansehnlichen Größe heran und erhalten sich in diesem Zustande bisweilen bis zur Reife der Pflanzen. Bei Mangel an Stickstoffverbindungen beginnt dagegen die Entleerung frühzeitig und geht in raschem Tempo vor sich, wobei die sich entleerenden Knöllchen in der Entwicklung zurückbleiben. Indessen ist die Entleerung in keinem Falle vollständig, es bleiben immer noch zahlreiche Bakterien zurück, welche nach dem Tode der Pflanze durch Fäulniß wieder in den Boden zurückgelangen. In der Vegetationsperiode der Pflanze findet ebenfalls ein fortwährender Uebergang der Bakterien aus den Knöllchen in den Boden statt, da diese wahrscheinlich in Folge ihres Eiweißreichthums von zahlreichen namentlich thierischen Feinden beschädigt werden.

Die Wurzelknöllchen sind symbiotische Bildungen, welche sowohl für die Bakterien als für die Wirthspflanzen von Nutzen sind. Erstere finden Schutz und Nahrung und letztere können sich durch die Symbiose mit einem für ihren Lebensprozeß so überaus wichtigen Nährstoff wie Stickstoff versorgen. Obgleich beide Theile aus der Symbiose Nutzen ziehen, so ist doch die Pflanze gegenüber der Bakterie besser situiert und richtet ihr Zusammenleben mit Bakterien so ein, daß sie aus deren Gegenwart den größtmöglichen Nutzen zieht. Auch die anatomische Struktur der Knöllchen ist diesem eigenthümlichen symbiotischen Verhältnisse vollkommen angepaßt.

**E. Bréal.** Untersuchungen über die Kultur der Leguminosen. *Annales agronomiques*. T. XV. 1889. p. 529—551.

Verf. weist in der Einleitung auf die praktischen Erfahrungen und auf die Untersuchungen verschiedener Forscher (*Crud, Boussingault, Hellriegel und Wülfarth* u. s. w.) hin, aus welchen sich die Thatsache ergibt, daß die Leguminosen im Stande seien, den Stickstoff der atmosphärischen Luft zu assimiliren. Im Anschluß hieran theilt er die Resultate eigener Untersuchungen mit, von welchen die nachstehend aufgeführten hier eine Stelle finden mögen.

Kulturen der Erbse in Wasser. Verf. ließ Erbsen auf feuchtem Filtrirpapier keimen und durchstach die Wurzeln, wenn dieselben eine Länge von 3—4 cm erreicht hatten, mit einer spitzen Nadel, welche er vorher in ein Luzerneknöllchen eingesenkt hatte. Die Pflanzen wurden darauf in eine stickstofffreie Nährstofflösung verbracht. Nach Verbrauch der Reservestoffe der Kotyledonen trat ein Stillstand im Wachsthum ein, worauf sie sich erholten und kräftig fortwuchsen. Die Vegetation dauerte vom 2. April bis 10 Juni. Die Wurzeln waren zuletzt mit zahlreichen Knöllchen bedeckt. Die Resultate waren folgende:

|                               | Gewicht<br>der Trockensubstanz | des Stickstoffs |
|-------------------------------|--------------------------------|-----------------|
| Oberirdische Organe . . . . . | 3,785 gr                       | 0,089 gr        |
| Wurzeln . . . . .             | 1,165 „                        | 0,030 „         |
| Total                         | 4,950 gr                       | 0,119 gr        |
| Samen . . . . .               | 0,502 „                        | 0,018 „         |
| Gewinn . . . . .              | 4,448 gr                       | 0,101 gr.       |

Die Ernte enthielt somit 10 mal mehr Trockensubstanz und 6,6 mal so viel Stickstoff als das Saatgut.

Im verflossenen Jahr hat Verf. Erbsen in Wasser kultivirt, welchem er einfach eine weißliche, durch Zerdrücken eines Luzerneknöllchens erhaltene Flüssigkeit zugefügt hatte. Zur Zeit der Ernte waren die Erbsenwurzeln mit zahlreichen Knöllchen besetzt. Er ließ die Pflanzen den Winter über stehen und gefrieren. Im nächsten April konnte er unter dem Mikroskop noch lebende Bakterien nachweisen, ein Beweis dafür, daß dieselben durch den Frost nicht zu Grunde gerichtet werden.

In einem zweiten Versuch verfuhr Verf. wie im ersteren, nur mit dem Unterschiede, daß er ein enges Gefäß (0,012 m Durchmesser und 0,40 m Länge) für die Wurzelentwicklung wählte. Er wollte damit zeigen, daß die Pflanze für letztere einen kleineren Raum in Anspruch nimmt als für die Entwicklung der oberirdischen Organe, welche, um die Kohlensäure unter dem Einfluß des Lichts zu assimiliren, eines größeren Raumes bedürfen. Die Wägungen führten zu folgendem Ergebnis.

|                         | Gewicht<br>der Trockensubstanz | des Stickstoffs |
|-------------------------|--------------------------------|-----------------|
| Ganze Pflanze . . . . . | 1,05 gr                        | 0,028 gr        |
| Samen . . . . .         | 0,25 „                         | 0,009 „         |
| Gewinn . . . . .        | 0,80 gr                        | 0,019 gr.       |

Das Gewicht der Trockensubstanz der Pflanze war hiernach 4 mal, dasjenige des Stickstoffs 3 mal so groß als bei dem Saatgut.

Die Knöllchen hatten sich in der oberen Region des Wurzelgeflechtes hauptsächlich ausgebildet. Die Partie befand sich, wenn das verdunstete Wasser nicht alle 2 bis 3 Tage ersetzt wurde, von Luft umgeben. Die wechselnde Feuchtigkeit scheint daher der Entwicklung der Knöllchen sehr förderlich gewesen zu sein. Dies stimmt mit der von *Berthelot* gefundenen Thatsache überein, daß die Fixirung des Stickstoffs durch die Erde am besten vor sich geht, wenn man letztere befeuchtet und dann öfter austrocknen läßt.

Kulturen der Bakterien in Bouillons. Verf. hatte im verflossenen Jahre konstatiert, daß man eine Flüssigkeit, welche man erhält, wenn die Wurzel einer Leguminose in kochendem Wasser aufweicht, mit der Bakterie besamen kann, welche in den Knöllchen dieser Wurzel enthalten ist, und daß sich die Flüssigkeit in kurzer Zeit mit einer unendlichen Zahl von Bakterien bevölkert, welche den eingeführten ähnlich sind. Wenn man eine zweite Bouillon herstellt und in diese einen Tropfen der ersteren zusetzt, so findet man in wenigen Tagen eine neue Vermehrung dieser Organismen. Diese Prozedur kann man beliebig fortsetzen.

Im Wesentlichen verfuhr Verf. bei Herstellung der Bouillon in der Weise, daß er die von Erde befreiten Leguminosenwurzeln in kochendes Wasser brachte und die entstandene braun gefärbte Flüssigkeit filtrirte. Das Filtrat wird in einem Ballon, welcher mit einem Wattpfropfen verschlossen ist, zwei Stunden lang auf 120° erhitzt. Nach dem Erkalten führt er dann einige Bakterien aus einem Knöllchen der Leguminosenwurzel, welche zur Herstellung der Flüssigkeit gedient hatte, ein. Nach Verlauf von einem oder drei Tagen bevölkert sich die Flüssigkeit mit Bakterien und wird dabei weißlich und undurchsichtig. Aus Mohrrüben und Topinambour hergestellte Bouillon erwies sich gleichergestalt für die Ernährung der Bakterien geeignet.

In vielen seiner Kulturen mit Leguminosen hat Verf. die beschriebene Flüssigkeit angewendet: mehrere Tropfen derselben wurden in einer größeren Wassermenge verbreitet, welche zur Anfeuchtung der mit den Pflanzen besetzten Erde benutzt wurde. Fast alle auf diese Weise angefeuchteten Pflanzen ließen auf ihren Wurzeln zahlreiche Knöllchen erkennen. Indessen wagt Verf. nicht zu behaupten, daß letztere aus den Bakterien des zugeführten Wassers unbedingt hervorgegangen seien, denn er hatte weder den Boden noch das Anfeuchtungswasser sterilisirt, noch auf der Bodenoberfläche eine Isolirungsschicht hergestellt.

Kulturen der Erbse in Kieselboden. In dem ersten Versuch wurde 1,5 kg Boden verwendet, welcher aus 0,6 kg Kiesel und 0,9 kg feinem Sand bestand, und durch ein Sieb von 0,004 m Maschenweite gesiebt worden war. Das zum Begießen mit Bakterien versehene Wasser enthielt 0,025 gr Stickstoff. Die Resultate stellten sich für eine Pflanze, wie folgt:

|                         | Gewicht             |                 |
|-------------------------|---------------------|-----------------|
|                         | der Trockensubstanz | des Stickstoffs |
| Ganze Pflanze . . . . . | 7,65 gr             | 0,153 gr        |
| Samen . . . . .         | 0,25 „              | 0,009 „         |
| Gewinn . . . . .        | 7,40 gr             | 0,144 gr.       |

Da die Oberfläche des Bodens nur 3 qdcm betrug, so berechnet sich der Stickstoffgewinn pro ha zu 86 kg. Daß es sich hierbei in der That um eine



Bereicherung handelt, ergibt sich aus der Thatsache, daß der Boden in seinem Stickstoffgehalt keine Veränderung erlitten hatte. Der Sand enthielt am Anfang 0,034%, am Ende des Versuchs 0,035% Stickstoff.

In einem zweiten Versuch verwendete Verf. 5 kg desselben Bodens pro Blumentopf, in welchem die Pflanzen gezogen wurden. Es wurden 10 Töpfe aufgestellt und mit je einer Pflanze besetzt. Von 10 Pflanzen blieben nur zwei zurück, welche aber keine Knöllchen an ihren Wurzeln trugen. Die Ernte lieferte bei einer Pflanze, von denen, welche gediehen waren, folgendes Resultat:

|                         | Gewicht             |                 |
|-------------------------|---------------------|-----------------|
|                         | der Trockensubstanz | des Stickstoffs |
| Ganze Pflanze . . . . . | 32,30 gr            | 0,358 gr        |
| Samen . . . . .         | 0,25 "              | 0,009 "         |
| Gewinn . . . . .        | 32,05 gr            | 0,349 gr.       |

Die Erde enthielt

|                             | Stickstoff |           |
|-----------------------------|------------|-----------|
|                             | Proz.      | Total     |
| am Anfang des Versuchs . .  | 0,370      | 1,852 gr  |
| " Ende " " . .              | 0,225      | 1,127 "   |
| Stickstoffzunahme . . . . . | 0,145      | 0,725 gr. |

Berechnet man hiernach die Stickstoffmengen pro ha — die Kulturgefäße hatten eine Oberfläche von 0,05 qm —, so stellt sich der Gewinn, wie folgt, heraus:

|                                          |                  |
|------------------------------------------|------------------|
| Stickstoffgewinn durch die Pflanze . . . | 69,80 kg pro ha, |
| " durch die Erde . . . . .               | 145,80 " " "     |
| Total: 215,60 kg pro ha.                 |                  |

Die fixirte Stickstoffmenge ist demnach sehr beträchtlich. Die Bereicherung der Erde ist zum Theil den in derselben zurückgebliebenen, mit Knöllchen versehenen Würzelchen zuzuschreiben. Im Uebrigen ist der Stickstoffgewinn wesentlich von der Erdmenge abhängig. Mit Hinzuziehung eines bereits früher veröffentlichten<sup>1)</sup> Versuchs ergab sich, daß der Stickstoffgewinn das Mehrfache von dem im Samen enthaltenen Stickstoff betrug:

|                            |         |
|----------------------------|---------|
| bei 1 kg Erde pro Topf das | 6fache, |
| " 3 " " " " " "            | 17 "    |
| " 5 " " " " " "            | 40 "    |

Die Erdmasse von 1 kg gestattete, in Folge ihres kleinen Volumens, der Luft zu viel Zutritt; letztere wirkt dann oxydirend und diese Bedingung ist der Fixirung des Stickstoffs in der Erde ungünstig, wie Berthelot gezeigt hat.

Kulturen mit Feuerbohnen. Verf. impfte zwei Feuerbohnenpflanzen mit Bakterien, welche er mit Hilfe einer Glasspitze aus den Knöllchen einer Gewächshauspflanze, des Bohnenbaumes (*Cytisus*), entnommen hatte und pflanzte sie zusammen in einen mit 10 kg Flußsand beschickten Blumentopf. Der Sand enthielt Anfangs eine nicht wägbare Stickstoffmenge. Er wurde mit Wasser angefeuchtet, welchem Verf. von Zeit zu Zeit ein wenig Chlorkalium und Kalkphosphat zufügte.

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. XII. 1889. S. 102.

Die Pflanzen entwickelten sich, so lange sie von den Reservestoffen der Kotyledonen zehrten, kräftig, blieben aber dann in der Entwicklung derart zurück, daß sie Verf. verloren gab. Aber im Juni erholten sie sich und wuchsen kräftig weiter.

Der Sand zeigte zur Zeit der Ernte einen Stickstoffgewinn von 0,581 gr pro 10 kg. Der Stickstoff in dem zugeführten Wasser betrug nicht mehr als 0,1 gr, so daß der Stickstoffgewinn sich zu 0,481 gr berechnet. Der Stickstoffgewinn durch die Pflanzen wurde zu 1,487 gr gefunden. Hiernach stellten sich die Zunahmen pro ha

durch die Pflanzen auf 74,35 kg  
 " " Erde . . . " 24,05 "  
 in Summa auf 98,40 kg.

Die Zunahme war in Folge des geringen Gehaltes der Erde an organischen Stoffen am Anfang des Versuchs eine schwache.

Kulturen mit Luzerne. Verf. pflanzte ein Fragment einer Luzerne Wurzel, welches 10 gr wog und zahlreiche Knöllchen enthielt in Sand und bestimmte gleichzeitig den Stickstoffgehalt eines Wurzelstückes von demselben Gewicht. Die Luzerne-pflanze entwickelte sich sehr üppig und bedeckte sich mit zahlreichen Blättern. Die ermittelten Daten weist folgende Uebersicht nach:

|                            | Gewicht<br>der Trockensubstanz | des Stickstoffs |
|----------------------------|--------------------------------|-----------------|
| Oberirdische Organe . . .  | 29,0 gr                        | 0,900 gr        |
| Wurzeln . . . . .          | 59,5 "                         | 0,833 "         |
| Ganze Pflanze . . . . .    | 88,5 gr                        | 1,733 gr        |
| Eingepflanztes Wurzelstück | 12,0 "                         | 0,040 "         |
| Gewinn . . . . .           | 86,5 gr                        | 1,693 gr.       |

Der Sand enthielt zur Zeit der Ernte 1,767 gr, zur Zeit der Pflanzung 1,645 gr und zeigte somit eine Zunahme von 0,122 gr. Das zugeführte Wasser enthielt 0,1 gr Stickstoff. Hiernach berechnete sich der Stickstoffgewinn

durch die Pflanze auf 1,593 gr  
 " den Boden " 0,122 gr  
 in Summa auf 1,715 gr.

Da die Bodenoberfläche den 16. Theil eines qm einnahm, so stellen sich die Werthe pro ha wie folgt:

Durch die oberirdischen Organe . . . . . 144 kg  
 " die Wurzeln (nach Abzug des Stick-  
 stoffs in dem zugeführten Wasser und  
 in der zur Pflanzung benützten Wurzel) 101,8 kg  
 durch die Erde . . . . . 19,5 "  
 Summa 130,3 kg 130,3 "  
 Gesammtmenge des Stickstoffs . . . . . 274,3 kg.

In einem zweiten Versuch wurde in gleicher Weise verfahren. Es wurden jedoch von der betreffenden Pflanze 3 Ernten (am 26. Juni, 16. August und 11. Oktober) entnommen, während in ersterem Versuch die Pflanzen bereits am 10. Juni aus der Erde herausgenommen wurden. Die Resultate waren folgende:

|                                | Gewicht.            |                 |
|--------------------------------|---------------------|-----------------|
|                                | der Trockensubstanz | des Stickstoffs |
| in den 3 Ernten . . . . .      | 66,9 gr             | 2,452 gr        |
| Wurzeln . . . . .              | 30,9 „              | 0,846 „         |
|                                | Summa 97,8 gr       | 3,298 gr        |
| Eingepflanzte Wurzel . . . . . | 2,0 „               | 0,040 „         |
| Gewinn durch die Pflanze       | 95,8 gr             | 3,258 gr.       |

Die Erde enthielt am Anfang der Versuche 4,560 gr, am Ende derselben 2,100; sonach beträgt der Stickstoffgewinn durch die Erde 2,460 gr. Nimmt man an, daß 10 solcher Pflanzen pro qm zu stehen kommen, so beträgt das Gewicht des Stickstoffs in den 3 Ernten pro ha: 245,2 kg, in den Wurzeln 84,6 kg, die Stickstoffzunahme in der Erde 246 kg. Zieht man von der Summe der beiden letzteren Werthe (330,6 kg) die Stickstoffmenge ab, welche in den eingepflanzten Wurzeln enthalten waren, nämlich 40 kg, so bleiben 290,6 kg als Stickstoffzunahme durch die Erde. Danach berechnet sich eine Gesammtmenge von 535,8 kg.

Verf. zieht schließlich aus seinen Untersuchungen folgende Schlußfolgerungen:

1) Man kann durch Impfung die Bakterien auf die Wurzeln der Leguminosen übertragen, indem man diese Organismen aus den Wurzelknöllchen einer Pflanze derselben Familie entnimmt; die Kulturen in Wasser (Nährstofflösung) zeigen, daß die Bakterien in diesem Element leben können, und daß die Pflanze, welche sie trägt, den Stickstoff der Luft assimiliert.

2) Die Sporen können den Winter hindurch in gefrorenem Wasser verharren, ohne ihre Fähigkeit zu verlieren, um im folgenden Jahre auf den Wurzeln der Leguminosen, welche man mit solchem Wasser in Berührung gebracht hat, Knöllchen zu erzeugen.

3) Mit den Bakterien kann man eine Bouillon besamen, welche man aus den Wurzeln der Leguminosen und selbst anderen Pflanzen hergestellt hat; sie vermehren sich rasch, und diese Flüssigkeit, wenn man sie auf eine Erde aufbringt, welche mit Leguminosen besetzt ist, scheint die Bildung der Wurzelknöllchen und die Entwicklung der Pflanze zu begünstigen.

4) Erbsen, welche mit den Bakterien der Luzerne geimpft und in einem Wasser kultivirt wurden, welches nur Chlorkalium und Kalkphosphat enthielt, gaben Pflanzen, welche 17 mal so viel Stickstoff befaßen als die Samen.

5) Eine Erbse, welche in einem Gefäß von geringem Durchmesser in derselben Flüssigkeit erzogen wurde, entwickelte zahlreiche Wurzelknöllchen; in Folge der Form des Gefäßes befanden sich letztere bald in der Luft, bald im Wasser; der Wechsel von Feuchtigkeit und Trockenheit scheint die Bildung der Knöllchen zu begünstigen.

6) Drei Kulturen von Erbsen, deren Wurzeln geimpft waren, sind in Blumentöpfen mit verschiedenen Mengen von Kiessand kultivirt worden. Die durch die Pflanzen fixirte Stickstoffmenge wuchs mit dem Gewicht des Bodens.

7) Die Erde selbst wurde nicht mit Stickstoff bereichert, wenn das Volumen derselben sehr klein war. Es ist evident, daß in einem kleinen Blumentopf, in welchem sich eine rasch wachsende Pflanze befindet, die Durchlüftung der Erde eine übermäßige sein muß, in Folge der öfteren Erneuerung des Wassers, welches in der Erde zirkulirt. Die Beobachtungen bestätigen die von *Berthelot* gefundene

Thatsache, daß eine stark oxydirende Atmosphäre der Fixirung des Stickstoffs Abbruch thut.

8) Zwei Feuerbohnenpflanzen, welche mit den Bakterien von *Cytisus* geimpft waren, enthielten 17mal mehr Stickstoff als die Samen; 10 kg Kiessand, auf welchem dieselben wuchsen und welcher anfangs keinen Stickstoff enthielt, zeigten nach der Ernte einen Gehalt von 0,581 gr Stickstoff pro 1000.

9) Ein Theil einer Luzernepflanze, deren Wurzeln mit Knöllchen bedeckt waren und welche im Oktober in 5 kg Kiessand gepflanzt wurde, hatte bis zum 10. Juni des nächsten Jahres eine Pflanze hervorgebracht, welche 43mal so viel Stickstoff enthielt als die eingepflanzte Wurzel. Der Stickstoffgehalt des Bodens hatte um 7% zugenommen.

10) Eine in gleicher Weise behandelte Luzernepflanze, welche im Oktober in 4 kg Kiessand eingepflanzt worden war, gab im folgenden Jahre 3 Ernten, welche 80mal so viel Stickstoff enthielten als das gepflanzte Wurzelstück; in der Erde, in welcher ein Theil der Wurzeln zurückgeblieben war, hatte sich die Stickstoffmenge mehr als verdoppelt.

E. W.

**A. Hébert.** Ueber die Bildung des Ammoniaks in der Ackererde. *Annales agronomiques.* T. XV. 1889. p. 355—369.

Auf Veranlassung *Dehérain's* unternahm Verf. eine Untersuchung über den Einfluß der Ammoniaksalze auf die Vegetation. Hierbei gelangte er zu einigen Thatsachen, welche über die Wirkung der Ammoniaksalze einen neuen Einblick gewähren. Ein Bericht über diese Verhältnisse bildet den Gegenstand vorliegender Abhandlung.

Gut durchmischte Erde wurde durch ein Sieb von 1 mm Maschenweite gesiebt und bei 110° Celsius sterilisirt, um das Salpeterferment zu zerstören. Je 100 gr dieser Erde wurden hierauf in ausgeglühte Steingefäße gebracht und mit sterilisirten Lösungen von Ammoniumsulfat von verschiedenem Gehalt befeuchtet, worauf man die Erde austrocknen ließ. Durch die Bestimmung des Ammoniaks in verschiedenen Schichten der Erde wurde konstatiert, daß die Ammoniaksalze unter solchen Umständen von unten nach oben, nach den oberen Schichten des Bodens, wandern. Die Gesammtmenge des in den einzelnen Gefäßen enthaltenen Ammoniakstickstoffs betrug:

| hinzugefügt | wiedergefunden | gebildet   |
|-------------|----------------|------------|
| 2,1 mgr     | 10,4 mgr       | + 8,4 mgr. |
| 4,2 "       | 11,3 "         | + 7,1 "    |
| 8,4 "       | 16,3 "         | + 7,9 "    |
| 21,0 "      | 22,6 "         | + 1,6 "    |
| 42,0 "      | 40,9 "         | — 1,1 "    |

In allen Fällen, mit Ausnahme des letzten, hatte sich Ammoniak gebildet, aber in um so größeren Mengen, je schwächer die Zufuhr des Ammoniaksalzes war.

Bezüglich der Frage, ob diese Ammoniakbildung auf der Wirkung eines Fermentes beruhe oder ein rein chemischer Vorgang sei, geben diese Versuche

keine Auskunft, weil *Ladureau*<sup>1)</sup> gefunden hat, daß das Ammoniakferment bei 110° noch nicht getödtet wird, dieses vielmehr erst bei einer Temperatur von 130° eintritt. Um diese Verhältnisse zu ergründen, verwandte Verf. gut durchmischte und gesiebte Gartenerde, welche er in Steintöpfe füllte und unter eine Glasglocke stellte, um alle äußeren Einwirkungen abzuhalten. Die Erde ergab bei der Untersuchung 2,40 mgr Ammoniakstickstoff pro 100. Eine andere Probe derselben Erde wurde durch zweistündiges Erhitzen auf 130° C. sterilisirt und im Uebrigen wie erstere behandelt. Bei der Untersuchung zeigte sie einen Gehalt von 5,48 Ammoniakstickstoff pro 100 Gew.-Thl. Erde, d. h. sie war beträchtlich reicher an Ammoniak als die nicht sterilisirte Erde. Die Ammoniakbildung kann demnach nicht der Wirkung eines Fermentes zugeschrieben werden, weil letzteres bei der angewendeten Temperatur getödtet wird. Bei Wiederholung der Versuche wurden die gleichen Resultate gewonnen.

Verf. erhitzte weiters Erdproben in verschlossenen Gefäßen im Paraffinbade auf 150° C. und fand auch hier eine beträchtliche Zunahme des Ammoniakstickstoffs. Bei Zuführung verschiedener Mengen von Ammoniumsulfat wurde folgendes Resultat ermittelt:

|                               | Ammoniakstickstoff        |           |           |
|-------------------------------|---------------------------|-----------|-----------|
|                               | am Anfang<br>des Versuchs | am Ende   | Differenz |
| 100 gr Erde                   |                           |           |           |
| unverändert . . . . .         | 1,73 mgr                  | 14,26 mgr | + 12,53   |
| + 2,10 mgr Ammoniakstickstoff | 3,83 "                    | 23,43 "   | + 19,60   |
| + 21,00 "                     | 22,73 "                   | 28,88 "   | + 6,15    |
| + 42,00 "                     | 43,73 "                   | 37,16 "   | — 6,57.   |

Das Resultat ist dasselbe wie in den oben mitgetheilten Versuchen. Die erhitzte Erde hat eine beträchtliche Menge von Ammoniak entwickelt; diese Produktion vermindert sich, wenn man wachsende Mengen von Ammoniaksalzen zuführt, und es scheint eine Grenze zu geben, über welche hinaus die Ammoniakbildung nicht mehr stattfindet.

Ueberrascht von der Gleichheit dieser Resultate, hat man versucht, ausfindig zu machen, mit welchen Naturerscheinungen man diese begrenzten Wirkungen in Beziehung bringen könne, und es blieb kaum etwas anderes als die Annahme der Hypothese einer Dissociation übrig, auf welche von *Sainte-Claire Deville* und *Debray* aufmerksam gemacht worden ist. In den betreffenden Versuchen dieser Forscher wurde gefunden, daß die Zersetzung des Kalkspathes in Kalk und Kohlensäure durch die Abwesenheit der Kohlensäure begünstigt, dagegen verhindert wird, wenn dieses Gas in gewissen Quantitäten vorhanden ist.

Die Ammoniakbildung in der Erde und die durch die Ammoniaksalze bewirkte Begrenzung dieses Vorganges sind jener Erscheinung sehr ähnlich, welche von *Sainte-Claire Deville* und *Debray* bei der Zersetzung des Kalkcarbonates gefunden wurden. Man kann daher wohl annehmen, daß der in Rede stehende, in der Erde sich vollziehende Vorgang eine Dissociation war. Um dies sicher zu stellen, hat Verf. eine weitere Reihe von Versuchen angestellt, in welchen er den Stickstoff im Boden nach Zufuhr der Ammoniaksalze quantitativ bestimmte, und nicht wie in jenen Versuchen aus dem zugeführten Salz theoretisch berechnete.

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. VIII. 1886. S. 106. Bd. IX. 1886. S. 288.

Aus den vom Verf. mitgetheilten Zahlenreihen führen wir folgende hier an:

|                          | Ammoniakstickstoff        |            |              |
|--------------------------|---------------------------|------------|--------------|
|                          | am Anfang<br>des Versuchs | am Ende    | Differenz    |
| Erde unverändert         | 2,90 mgr                  | 12,94 mgr. | + 10,04 mgr. |
| „ + 0,010 gr Ammonsulfat | 4,09                      | 13,33      | + 9,24       |
| „ + 0,020 „              | 5,46                      | 14,38      | + 8,92       |
| „ + 0,050 „              | 11,54                     | 19,77      | + 8,23       |
| „ + 0,100 „              | 23,18                     | 26,65      | + 3,47       |
| „ + 0,150 „              | 27,65                     | 29,84      | + 2,19       |
| „ + 0,200 „              | 39,80                     | 38,99      | - 0,81       |

Verf. ventilirt weiter die Frage, welche Bestandtheile der Erde zu der Ammoniakbildung im Boden Veranlassung bieten. Die nach dieser Richtung ausgeführten Versuche zeigen, daß es der kohlensaurer Kalk des Bodens sein könne, der Ammoniakbildung veranlaßt, weil ein seines Kalkes mit Salzsäure beraubter Boden sich in Bezug auf diesen Vorgang der Erde in den vorstehend mitgetheilten Versuchen analog verhielt. Weitere Versuche lassen erkennen, daß auch die Humussäure gleichergestalt zur Entstehung des Ammoniaks wenig beitrage, und so kommt Verf. zu dem Resultat, daß es die Amidverbindungen in der Erde seien, aus welchen sich das Ammoniak entwickelt. Er schließt dies aus Versuchen, in welchen er dieselbe Erde im trockenen und andererseits im feuchten Zustande in geschlossenen Gefäßen auf 150° erhitzte. Die trockene Erde zeigte bei der Untersuchung eine sehr schwache, die feuchte eine beträchtliche Ammoniakentwicklung.

E. W.

**P. Richard.** Einfluß des Gipses und des Thones in der nackten Erde auf die Konservirung des Stickstoffs, auf die Fixirung des atmosphärischen Stickstoffs und auf die Nitrifikation<sup>1)</sup>. Annales agronomiques. T. XV. 1889. p. 505—521.

Aus den vom Verf. aus seinen Versuchen abgeleiteten Schlußfolgerungen entnehmen wir Folgendes:

In fast reinen Quarzsanden, welchen organischer Stickstoff in Form von Oelkuchen in einer Menge von 1 gr pro kg Boden zugeführt wird, und welche mit dem Salpeterferment versehen und in einem sehr wenig feuchten Zustand erhalten werden, betrug in dem nackten Erdreich der Verlust an Stickstoff während 18 Monaten 70 pro 100. Dieser Verlust war in den gröbereren Sanden größer als in den feineren. Die am Ende der Versuche gefundenen Ammoniak- und Salpetersäuremengen sind sehr gering und betragen nur 15 Theile pro 100 Theile des ursprünglich vorhandenen Stickstoffs. Die Zufügung von Gips, in einer Menge von 5 gr pro kg, hat unter denselben Bedingungen den Stickstoffverlust auf 58 pro 100 im Maximum reduziert.

Der unter dem Einfluß des Gipses konservirte Stickstoff findet sich in den Bodengemischen als Ammoniak und Salpetersäure. Die Wirkung der Konservirung und Nitrifikation ist besonders in den feinen Sanden hervortretend, weil

<sup>1)</sup> Vergl. diese Zeitschrift. Bd. VII. 1884. S. 339.

in diesen die Bedingungen der Durchlüftung und Feuchtigkeit in Rücksicht auf die Nitrifikation sich am günstigsten gestalten.

Der organische Stickstoff wird zuerst in Ammoniak umgewandelt, dessen Auftreten konstatiert wird, bevor eine Spur von Salpetersäure oder salpetriger Säure sich zeigt. Sind die Nitrifikationsbedingungen unvollkommen, so entwickelt sich der Stickstoff in der Erde in Form von Ammoniak oder Ammoniumkarbonat, und zuletzt in Form von gasförmigem Stickstoff, in Folge der Reaktion der salpetrigen Säure, deren Anwesenheit immer in geringen Mengen zu konstatiren ist, auf das Ammoniak.

Das Kalksulfat hält das Ammoniak als Ammoniumsulfat zurück und trägt so indirekt zur Salpeterbildung bei, weil letzteres Salz sehr leicht nitrifizirbar ist. Die Rolle des Kalksulfates scheint sich hierauf nicht zu beschränken. Es scheint direkt an dem Vorgange der Nitrifikation, auf eine noch wenig bekannte Weise, beteiligt zu sein, eine Wirkung, welche man auf sein Vermögen, zu desoxydiren und reoxydiren, zu erklären versucht hat, und welche das Kalksulfat mit dem Natrium- und Kaliumsulfat gemein hat. Die Gegenwart von Chlornatrium in der Menge von  $\frac{1}{1000}$  hat die nitrifizierende Wirkung des Gipses nicht verhindert, eher gefördert, durch seine hygroskopischen Eigenschaften, welche eine etwas größere Feuchtigkeit bedingten. Bei dem Ueberschreiten einer gewissen Menge, welche Verf. nicht näher bestimmt hat, muß das Kochsalz wegen seiner antiputriden und antizymischen Eigenschaften schädlich wirken.

Die Beimischung von reinem Thon, in der Menge von 10 pro 100 zum Sande, welcher nicht gegipst war, hat unter den oben bezeichneten Bedingungen, d. h. bei mäßiger Feuchtigkeit, Anwesenheit des Salpeterfermentes und Abwesenheit der Vegetation, den Stickstoffverlust in beträchtlichem Grade vermindert. Die Salpeterbildung ist nur in dem grobkörnigen Sande vermehrt worden, welchem der Thon eine etwas größere Kohäsion und Hygroskopizität verleiht. In dem feinen Sande hat eine Verminderung der Salpetersäure stattgefunden. Die Ammoniakmengen haben sich in den beiden Böden vermehrt, was im Einklang steht mit der bekannten Thatsache, daß der Thon die Fähigkeit besitzt, das Ammoniak und das Ammoniumkarbonat zurückzuhalten. Der Thon selbst scheint, obwohl er den Ammoniakstickstoff zurückhält, vielmehr eher eine schädliche als nützliche Wirkung auf die Nitrifikation auszuüben.

Die Beimischung von Gips in Mengen von 5 pro 1000, zu den mit Thon in wechselnden Quantitäten von 10 bis 40 pro 100 vermengten Sanden hatte zur Folge, daß die Stickstoffverluste progressiv vermindert wurden. Die Wirkung ist hauptsächlich in dem feinkörnigen Boden bemerkbar. Der mit 40 Theilen Thon pro 100 Theile vermischte Feinsand zeigte selbst einen Stickstoffgewinn, welcher 28,53 % von den ursprünglich vorhandenen Stickstoffmengen betrug. Ausgenommen in den grobkörnigen Sanden, in welchen die Salpetersäuremengen nicht sehr variirten, wachsen die Stickstoffsäuremengen mit dem Gehalt an Thon. Die Ammoniakmengen wachsen gleichlaufend, aber weniger schnell als die Salpetersäuremengen in dem feinkörnigen Boden.

Der Gips und der Thon konkurriren gleichzeitig an der Konservirung des Stickstoffs in Form von Ammoniak, aber der Thon allein würde zum großen Theil dieses Ammoniak unbeweglich machen und bald aufhören, neue Quantitäten

zu fixiren, wenn der Gips dasselbe nicht in Sulfat umwandeln und dadurch leichter nitrifizirbar machen und nicht das Vermögen des Thones, das Ammoniak zu fixiren, immer aktiv erhalten würde.

Eine mit Thon vermischte und gegipste sandige Erde, welche 40 % Thon und ungefähr  $\frac{1}{1000}$  organischen Stickstoff (1,023 gr pro kg) enthält, hat nach 18 Monaten einen Stickstoffgewinn von 0,293 gr pro kg aufgewiesen, oder 28,53% pro 100 des ursprünglich vorhandenen Stickstoffs. Nun geht aus den Untersuchungen von *Th. Schlösing* hervor, daß eine trockene, kalklose Erde jährlich 23 kg Ammoniakstickstoff pro ha absorbiert; es würde dies für 18 Monate eine Quantität von 0,018 gr Stickstoff pro kg (1,75 p. 100) für die vom Verf. benutzte Erde ausmachen. Der größere Theil des Stickstoffs würde also im freien Zustande fixirt worden sein.

Die vom Verf. aus seinen Untersuchungen abgeleiteten praktischen Schlußfolgerungen bieten nichts Neues oder ergeben sich aus den mitgetheilten Versuchsergebnissen von selbst.

*E. W.*

**P. P. Dehérain.** Untersuchungen über die Erschöpfung der ungedüngten Ackererde durch die Kultur. *Annales agronomiques.* T. XV. 1889. p. 481—505.

Die während eines Zeitraumes von 15 Jahren ohne Dünger kultivirten Parzellen auf dem Versuchsfelde in Grignon sind unfähig geworden, Rüben- oder Kleernten hervorzubringen; die Analyse zeigt andererseits, daß diese Erde noch beträchtliche Mengen von Stickstoff, Phosphorsäure und Kali enthält, aber die organische Substanz hat sich um mehr als die Hälfte vermindert; man wird daher dazu geführt, die relative Sterilität dieser Erden der Abwesenheit der organischen Stoffe zuzuschreiben<sup>1)</sup>. Es muß hierbei bemerkt werden, daß der Erschöpfungszustand der nicht gedüngten Parzellen auf Hafer eine viel geringere ungünstige Wirkung ausübte.

Verf. untersucht nun auf Grund dieser Wahrnehmungen in vorliegender Abhandlung die Frage, warum die organischen Stoffe für gewisse Pflanzen unentbehrlich sind, während sie bei anderen Gewächsen fehlen können. Bei der Fragestellung geht Verf. von den verschiedenen Hypothesen über die Rolle der organischen Substanz im Boden aus, nach welchen die letztere 1) zur Feuchtigkeitserhaltung des Bodens beitragen, 2) als eine Quelle für die Nitrate, sowie 3) der Kohlensäure dienen, ferner 4) im löslichen Zustande einen unentbehrlichen Nahrungsstoff für gewisse Pflanzenspezies abgeben kann. Nach diesen vier verschiedenen Richtungen stellt Verf. eine Reihe von Untersuchungen an, aus denen wir folgende Daten entnehmen.

Die Wassermengen in Böden, welche reich und arm an organischen Stoffen sind. Verf. führte Bestimmungen aus sowohl über den

<sup>1)</sup> Diese Schlußfolgerung erscheint nicht gerechtfertigt, weil außer der Abnahme an organischer Substanz noch andere Veränderungen im Boden vor sich gegangen sein können, welche die Rüben- und Kleemüdigkeit der Erde hervorgerufen haben. Es ist dies sogar sehr wahrscheinlich, wenigstens für die Rübenmüdigkeit, wie aus den hierüber vorliegenden zahlreichen, in Deutschland angestellten Untersuchungen geschlossen werden darf.

*D. Ref.*



Feuchtigkeitsgehalt der Erde als über die Sickerwassermengen, welch' letztere in Töpfen ausgeführt wurden, die 30 kg Erde von den betreffenden Parzellen enthielten.

Die Feuchtigkeitsbestimmungen wurden vom November 1888 bis zum November 1889 jede Woche vorgenommen. Die Parzellen 17, 33 und 49, welche wiederholt gedüngt worden waren, enthielten 15 bis 16 gr Kohlenstoff (= 30 bis 32 gr organische Substanz) pro kg, während die seit 1875 ungedüngten Parzellen 21, 37 und 53 nur 7 gr enthielten. Parzelle 1 und 5, welche seit 1879 mit Wiesengräser bestanden waren, besaßen fast die gleichen Kohlenstoffmengen, obwohl Nr. 1 von 1875—79 gedüngt worden war und Nr. 5 keinen Dünger erhielt. Im Durchschnitt wurden folgende Wassermengen gefunden:

|                      |        |                       |        |
|----------------------|--------|-----------------------|--------|
| Parzelle 1 . . . . . | 18,8 % | Parzelle 33 . . . . . | 18,2 % |
| "  5 . . . . .       | 18,0 " | "  37 . . . . .       | 17,4 " |
| "  17 . . . . .      | 18,9 " | "  49 . . . . .       | 18,4 " |
| "  21 . . . . .      | 17,8 " | "  53 . . . . .       | 17,7 " |

Das Mittel betrug für die nackten Parzellen:

|                                           |        |
|-------------------------------------------|--------|
| Reiche Erden Parzellen 17—33—49 . . . . . | 18,5 % |
| Arme " " 21—37—53 . . . . .               | 17,6 " |

Die Differenz stellt sich sonach auf 0,9 gr pro 100 gr oder 9 gr pro kg, oder 9 kg pro Tonne Erde, und da die Erde pro ha 3600 Tonnen wiegt: 32400 kg pro ha. Verf. ist der Meinung, daß diese Differenz zu gering sei, um die höheren Ernten auf den reichen gegenüber jenen auf den armen Parzellen zu erklären.

Die Sickerwassermengen vom 14. Mai bis 22. Oktober betragen für die angewendeten Apparate im Mittel:

|                                           |             |
|-------------------------------------------|-------------|
| Reiche Erden Parzellen 17—33—49 . . . . . | 5,552 Liter |
| Arme " " 21—37—53 . . . . .               | 5,988 "     |

Die Differenz von 386 ccm hält Verf. zu gering, als daß dieselbe in Betracht gezogen werden könnte.

Aus diesen Untersuchungen zieht Verf. die Schlußfolgerung, daß die Unterschiede in den Ernten zwischen den reichen und armen Erden nicht durch solche in den Feuchtigkeitsmengen, resp. in dem Verhalten der Böden zum Wasser hervorgerufen sein können, weil die in letzteren Beziehungen in die Erscheinung getretenen Differenzen zu gering gewesen seien.

Die Nitate, welche in Erden von höherem und geringerem Gehalt an organischen Stoffen gebildet wurden. Die Versuche zeigen, daß die während der Vegetationszeit in dem ungedüngten Boden gebildeten und ursprünglich vorhandenen Nitratmengen größer sind, als dem Bedürfnis der Pflanzen bei einer guten Ernte entspricht. Die betreffenden Quantitäten berechnen sich im Mittel für die an organischen Substanzen armen Böden auf 113 kg Salpeterstickstoff pro ha. Die relative Sterilität der an organischen Stoffen ärmeren Erden kann sonach nicht darauf beruhen, daß in denselben der Nitrifikationsprozeß mit schwächerer Intensität verläuft als in denselben Erden bei größerem Reichthum an solchen Bestandtheilen.

Die Kohlensäureentwicklung in den an organischen Stoffen reichen und armen Erden. Die Erden, welche einen höheren Gehalt an

organischer Substanz besaßen, entwickelten zwar etwas mehr Kohlensäure, als die ärmeren, aber die Differenz war sehr gering<sup>1)</sup>.

Diskussion der Hypothesen über die Nützlichkeit der organischen Substanz in der Ackererde. Aus den vorhergehenden Untersuchungen ergibt sich, daß die an organischen Stoffen reichen Erden etwas mehr Wasser, Nitrats und Kohlensäure enthalten als die an jenen Bestandtheilen armen Erden, daß aber die bezüglichen Unterschiede zu gering sind, um diejenigen in den Ernten zu erklären. Um festzustellen, ob die organische Substanz selbst einen Einfluß ausgeübt haben könne, wurde vom Verf. folgendes Experiment zur Ausführung gebracht.

Es wurden zwei Rüben kultivirt, die eine in einer an organischen Stoffen reichen Erde, und die andere in einer an diesen Substanzen armen Erde, aber mit löslichen Nährstoffen versehen und angefeuchtet. Die Experimente wurden in zwei großen glasirten Töpfen, welche 30 kg Erde enthielten, ausgeführt. Der eine Topf wurde mit Boden von Parzelle No. 49, reich an organischen Bestandtheilen, der andere mit erschöpftem Boden von Parzelle No. 58 beschickt, welchem aber 3 gr Natronsalpeter, 3 gr Superphosphat und Chlorkalium zugeführt wurden.

Die Rüben wurden am 25. Juni angesät und am 17. Juli verzogen, so daß in jedem Gefäß eine Pflanze zu stehen kam. Am 25. Oktober erfolgte die Ernte. Die beiden Rüben zeigten folgende Gewichte.

|                                        | An organ. Stoffen<br>reiche Erde. | An organ. Stoffen<br>arme, aber gedüngte Erde. |
|----------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------|
| Gewicht der ganzen Pflanze . . . . .   | 730 gr                            | 165 gr                                         |
| „ der Wurzel . . . . .                 | 410 „                             | 92 „                                           |
| Zucker in 100 Theilen Saft . . . . .   | 15,04 „                           | 11,11 „                                        |
| Zucker in der ganzen Pflanze . . . . . | 61,60 „                           | 10,12 „                                        |

Die in der an organischen Stoffen armen Erde erzogene Pflanze hatte somit eine viel geringere Erntemasse geliefert als die in der an humosen Bestandtheilen reichen Erde kultivirte Pflanze, trotz reichlicher Zufuhr von Nährstoffen und Wasser. Verf. schließt hieraus, daß die Unterschiede in den Erträgen nur auf dem verschiedenen Gehalt an organischen Stoffen in den beiden Erden beruhen könnten, und gelangt, auf die Untersuchungen von *A. Petermann*<sup>2)</sup> bezugnehmend, zu der Schlußfolgerung, daß die Rübe zur Entfaltung eines normalen Wachstums neben den mineralischen Nährstoffen und den Nitraten wahrscheinlich der dialysirbaren, löslichen organischen Substanzen bedarf, und daß sich möglicherweise einige andere Pflanzen ebenso verhalten werden, während wiederum andere diese Stoffe entbehren könnten. (Dem Referenten erscheinen die Versuche des Verf. durchaus ungeeignet zur Aufstellung einer Hypothese, welche, wenn sie richtig wäre, die gegenwärtig bestehenden Ansichten über die Ernährung der höheren Gewächse wesentlich modifiziren würde. Bei objektiver Beurtheilung wird man unmöglich aus dem verschiedenen Wachstum der beiden Rüben unter den

<sup>1)</sup> Verf. hat im Ganzen nur vier mit einander vergleichbare Bestimmungen — überhaupt nur fünf ausgeführt; die Zahl derselben ist offenbar viel zu gering, um verlässliche Resultate daraus ableiten zu können. Vergl. Landw. Versuchstationen. Bd. XXXVI. S. 197—214.

D. Ref.

<sup>2)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. VII. 1884. S. 181—184.

beschriebenen Versuchsbedingungen einen Anhalt für die Anschauung gewinnen können, daß die Rübe der löslichen, dialysirbaren organischen Substanzen der Ackererde zu ihrem Wachstum bedürfe; wenigstens hätte Verf. nachweisen müssen, daß die reiche Erde solche Stoffe in größerer Menge enthalten hat, und der Gehalt des armen Bodens an diesen Bestandtheilen gleich Null oder ein minimaler gewesen ist. Abgesehen hiervon erscheint es, in Rücksicht auf die großen individuellen Unterschiede in dem Wachstum der Pflanzen, sehr gewagt, aus den bei nur zwei Individuen hervorgetretenen Verschiedenheiten weitgehende Schlußfolgerungen abzuleiten. Die Frage, ob die dialysirbaren organischen Stoffe für gewisse Pflanzen nothwendig sind, für andere nicht, kann zweifelsohne nur auf direktem Wege d. h. durch Experimente entschieden werden, in welchen man einem humusfreien, mit den nöthigen Nährstoffen versehenen Boden, bei sonst gleicher Behandlung, theils lösliche organische Stoffe zuführt, theils ohne eine solche Zufuhr beläßt, und mit verschiedenen Pflanzen besetzt.) *E. W.*

*E. Mischpeter.* Beobachtungen der Station zur Messung der Temperatur der Erde in verschiedenen Tiefen im botanischen Garten zu Königsberg i. Pr. Königsberg. Koch. 1888.

*J. B. Lawes and H. Gilbert,* On the present position of the question of the sources of the nitrogen of vegetation, with some new results and preliminary notice of new lines of investigation. Philos. Trans. London. 1889.



## II. Physik der Pflanze.

Mittheilungen der pflanzenphysiologischen Versuchsstation am kgl. pomologischen  
Institute in Proskau.

### X. Weitere Beobachtungen über Gelbfleckigkeit.

Von Dr. Paul Sorauer in Proskau.

Im fünften Heft des neunten Bandes dieser Zeitschrift sind eine Anzahl von Beobachtungen veröffentlicht worden, aus denen hervorgeht, daß die Gelbfleckigkeit bei den Pflanzen mit Zellstreckungen verbunden sein kann und dann als Symptom eines Allgemeinleidens aufzufassen ist, das sich bei Wasserüberschuß der Gewebe zu einer Zeit einstellt, in welcher die Assimilationsthätigkeit aus verschiedenen Gründen stark herabgedrückt erscheint.

Die im Folgenden erwähnten Erscheinungen zeigen, daß diese Art der Gelbfleckigkeit ein häufiges Vorkommeniß ist und jetzt mit Sicherheit als ein Anzeichen angesprochen werden darf, daß die erkrankte Pflanze zu viel Wasser erhalten hat. In einzelnen Fällen konnte experimentell die Heilung dadurch erzielt werden, daß die Wassergaben vermindert und die Pflanze zu erhöhter Assimilationsthätigkeit angeregt wurde. Von den im früheren Artikel nicht erwähnten Gattungen, in welchen die Krankheitserscheinung zu finden ist, verdient zunächst *Cassia* genannt zu werden. Die Gelbfleckigkeit wurde beobachtet an

*Cassia tomentosa* (Fig. I).

Ein im Warmhause befindliches Exemplar zeigte im Januar an den jungen Trieben die Blätter nicht normal ausgebreitet, sondern die Fiederchen

nach unten verkrümmt. Die Oberseite besitzt pustelförmige oder knötchenartige Auftreibungen, die bei geringer Anzahl auf die Nähe der Mittelrippe beschränkt sind und dann das Fiederchen flacher erscheinen lassen, bei größerer Anzahl aber unregelmäßig über die ganze Fläche vertheilt sind und dadurch dem Blättchen ein blasig-krauses Ansehen verleihen. Die Auftreibungen der Oberseite, denen in der Mehrzahl der Fälle keine gleich große Vertiefung der Unterseite entspricht, sind etwa kegelförmig und haben anfangs dieselbe Färbung und matte Oberfläche wie der übrige Blatttheil; später wird die Spitze der Auftreibung heller, straffer und glänzender, schließlich gelb und aufspringend (ze). In der Mittellinie erscheint damit eine trichterförmige, gebräunte Höhlung.

Die Auftreibung entsteht durch schlauchförmiges Auswachsen des Pallisadenparenchyms (p), das an den gesunden Stellen reich an Chlorophyll, dicht aneinandergeschlossen und nur nach dem Schwammparenchym (s) hin mit spaltenförmigen Intercellularräumen versehen ist.

Sobald die Zellstreckung beginnt, fangen die Chlorophyllkörper an, von der Spitze der Zelle aus zu verschwinden, bis schließlich die schlauchförmig gewordenen Zellen, sich fast ganz farblos oder nur mit wenigen, kleinen, gelblichen, im ganzen Zellraum zerstreuten Körnchen versehen, darstellen. Mit der Zellverlängerung ist auch eine geringe Verbreiterung verbunden, und diese Erweiterung wird an der Spitze zur keuligen Anschwellung (kp), sobald das sich streckende Gewebe die Epidermis (e) entzweigesprengt hat. Die auf diese Weise frei werdenden Enden des schlauchigen Pallisadenparenchyms verdicken und bräunen theilweise ihre Wandungen; auch die Epidermiszellen in der Umgebung der Durchbruchsstelle sind gebräunt und meist zusammengefallen.

Seltener und schwächer entwickelt sind derlei Auftreibungen auf der Unterseite der Blattfiederchen; es beginnen dann die im normalen Gewebe etwa isodiametrischen Schwammparenchymzellen direkt unter der Epidermis lang zylindrisch auszuwachsen. An den Rißstellen siedeln sich sehr bald Pilze an.

Bei anderen Cassia-Arten, die gleichzeitig untersucht wurden, konnten derartige Auftreibungen (Intumescenciae) nicht beobachtet werden und von *C. tomentosa* waren nur die im Warmhause stehenden Exemplare derart verändert, während die in Vegetationsruhe befindlichen Pflanzen des Kalt-hauses unverändert erschienen.

Figurenerklärung: e Epidermis, p Pallisadenparenchym, k p schlauchförmig verlängerte, schließlich keulenförmig angeschwollene Pallisadenzellen, z e zerrissene Epidermiszellen, s Schwammparenchym, h Haar.

### *Acacia cyanophylla.*

Beobachtungszeit: März; Standort: Kalthaus. Die ältesten, längsten Blätter normal grün, aber die in der letzten Vegetationsperiode gebildeten mit punktförmigen, halbkugeligen, theils noch grünen, glatten, theils gebräunten, knötchenartigen Auftreibungen besetzt. Hier finden sich diese Intumescenzen auf beiden Blattseiten in ziemlich gleicher Häufigkeit mit Ausnahme derjenigen Blätter, welche, an die gesunden anstoßend, den Uebergang zu den stark besetzten jüngeren Blättern darstellen und die nur einseitig nicht sehr zahlreiche, aber auffallend große Knötchen haben. An den sehr reich besetzten Organen bemerkt man mehr Knötchen an der Spitze als an der Basis. Die sehr großen Auftreibungen sind am Gipfel durch Aufreißen von stumpfwolligem Aussehen und an einzelnen Stellen der Mittelrippe und der Blattfläche mit einander verfließend, so daß braunwollige, kleine Leisten entstehen.

Die Intumescenzen beginnen meist mit einer Verlängerung der unmittelbar unter der Epidermis liegenden Pallisadenschicht, die bei diesen Blättern in doppelter Lage sowohl auf der Oberseite als auch auf der Unterseite auftritt. Die Mittelebene des Blattes zwischen den chlorophyllreichen Pallisadenlagen wird von großen, annähernd sechseitigen, sehr chlorophyllarmen und daher fast farblos erscheinenden Parenchymzellen ohne große Intercellularräume eingenommen. Während der Streckung, bei der manchmal eine Querwand in der schlauchförmig gewordenen Zelle bemerkbar, schwindet der Chlorophyllgehalt. Die Oberhautzellen sind an der Streckung nicht beteiligt; sie werden passiv durch das kuppelförmig sich vorwölbende Gewebe in die Höhe gehoben und zerreißen schließlich, wobei die oftmals schon vorher in Inhalt und Wandung sich einstellende Bräunung der gestreckten Elemente erheblich verstärkt wird.

Manche Auftreibungen zeigen auf der Spitze eine Spaltöffnung; namentlich bei solchen sieht man die innere Pallisadenzellschicht an der Streckung beteiligt und dieselbe bisweilen hauptsächlich die kuppelförmige Vorwölbung bilden. In jugendlichen Stadien bemerkt man, daß zunächst die Zellen in der Umgebung der Athemböhle in diese hinein sich ver-

längern und nach ihrer Vereinigung gemeinsam sich weiter strecken. Nach dem Aufreißen der Epidermis trocknet ein Theil des gebräunten Pallisadengewebes zusammen. Korkbildung ist nicht beobachtet worden. Bräunung der äußeren Pallisadenzellen ist auch vielfach an nicht gestreckten Blattstellen bemerkbar; die daranstoßenden Zellen sind gelblich und lassen hier und da Mycelfäden erkennen. Es dürften dies Pilzeinwanderungsherde sein, die später zusammensinken.

#### *Acacia glaucescens und pendula.*

Bau und Vertheilung im Wesentlichen wie bei der vorigen Art. Nur sind die gelben Blattstellen durchscheinender, die Auftreibungen durchschnittlich weniger hoch, häufiger aufgerissen mit braunem Zentrum und an ihrer Bildung nimmt vorwiegend die innere Pallisadenzellschicht Theil. Die stärkstgestreckten, häufig mehrfach sich fächernden Zellen haben schließlich ihren gesammten Chlorophyllgehalt verbraucht und erscheinen farblos. An dem aufgerissenen Gipfel der Auftreibungen ist nicht selten ein körniger Zerfall der abgestorbenen, vorher etwas gequollenen Wandungen der äußersten Zellen bemerkbar.

Die sämmtlichen Akazien standen sehr feucht.

#### *Acacia longifolia.*

Bei einem Exemplar erscheinen die Auftreibungen an den gelben Flecken der Blätter ausschließlich durch schlauchförmige Verlängerung von Pallisadenparenchym hervorgebracht; bei einem zweiten Exemplar desselben Standorts findet man stark hervortretende Intumescenzen, veranlaßt durch bedeutende Streckung des Schwammparenchyms zwischen den Pallisadenschichten der Ober- und Unterseite.

#### *Eucalyptus Stuartiana.*

Das im Kalthause befindliche Exemplar wurde am 3. Nov. 1879 untersucht. Die etwa 1 Meter hohe Pflanze hat an ihrer unteren Hälfte vollkommen normale Blätter; in den jüngeren Regionen sind dieselben unterseits mit kleinen, punktartigen, harten Knötchen besetzt, zwischen welchen sich größere, kreisrunde, bis 0,5 mm Durchmesser erreichende, korkfarbige Pusteln vorfinden. Der Rand derselben ist hart, rauh und aufgeworfen, die Zentralpartie vertieft, glatt, dunkelbraun. Bei zunehmender Intensität der Erkrankung fließen mehrere derartige Stellen

zu feinen, netzartig verlaufenden, schwieligen Streifen zusammen, welche oft parallel den Nerven liegen, bisweilen dieselben aber auch quer durchschneiden. Unter den letztgebildeten Blättern fanden sich einzelne Exemplare, bei denen die Auftreibungen nur oder auch auf der Oberseite zu finden sind. Man erkennt daraus eine zunehmende Wirkung der Krankheitsursache. Bei wenig ergriffenen Blättern ist manchmal bloß eine Längshälfte erkrankt, bisweilen nur die Spitzenregion.

An jungen Exemplaren wurde die Krankheit tödtlich. Es ist dies der einzige bis jetzt zur Beobachtung gelangte schwere Fall. Hier gingen die Intumescenzen auf die Blattstiele und jungen Stengel über, die schließlich von der Spitze aus vertrockneten und sich von oben her zusammenrollten; die Blätter waren, ohne sich vorher zu verfärben, abgefallen.

Bei diesen in ihrem Wachsthum sehr üppig gewesenen Pflanzen begannen an den jungen Stengeln die Auftreibungen mit einer schlauchförmigen Verlängerung der Epidermiszellen; darauf schreitet der Streckungsvorgang immer tiefer in die Rinde hinein. Bei den Blättern nimmt die Epidermis selten direkt an der Uebersverlängerung Theil; es sind die unmittelbar darunter liegenden, chlorophyllreichen Schichten, welche schlauchförmig auswachsen und dadurch die Oberhaut in die Höhe treiben, theilweise zusammendrücken und schließlich sprengen. Die vertrockneten Zellen derselben bilden die oben erwähnte, braune Centralpartie. Die Vertiefung entsteht durch das nach dem Zerreißen der Epidermis schnell erfolgende, von der Mittellinie der Auftreibung nach allen Seiten hin sich vollziehende Auspreizen der dünnwandigen, farblosen, sehr weithumigen, im Uebrigen in fächerartiger Anordnung vereinigt bleibenden Mesophyllzellen; dieselben erscheinen entweder ohne feste Inhaltsstoffe oder mit spärlichen, unregelmäßigen, bisweilen auch kugeligen, farblosen oder braunen Plasmamassen versehen.

Stark ergriffene Blätter, bei denen die Oberseite vorherrschend die Auftreibungen besitzt, rollen sich dann häufig nach unten um, ähnlich den Fiederchen bei *Cassia tomentosa*. Nicht selten sind dort auch durchgehende, also ober- und unterseits vortretende Knoten. In diesem Falle ist der gesammte Mesophyllkörper in den Streckungsvorgang hineingezogen.

Derartige Intumescenzen finden sich namentlich häufig an solchen Blattstellen, wo die Maschen des Adernetzes sehr eng sind, also zwei Gefäßbündelstränge nahe aneinandergerückt erschienen. Hochgradige



Auftreibungen finden sich auch direkt über feineren Gefäßsträngen. Besonders gefährdet erschienen Sämlinge von wenigen Monaten, bei denen sich übrigens unter ganz gleichen Kulturverhältnissen deutlich individuelle Unterschiede in der Neigung zur Intumescenz erkennbar machten.

*Eucalyptus coccifera und saligna.*

Blätter, eingesandt im November 1886, zeigen abgeflachte, dunklere, glatte oder flügelartig aufgerissene, korkfarbige Schwielen, die auf beiden Blattseiten auftreten; sie entstehen durch schlauchförmige Streckung der an die Epidermis anstoßenden Pallisadenzellreihen. Die Epidermis selbst bleibt unbetheiligt und wird schließlich gesprengt. Bevorzugte Stellen der Entstehung sind solche über feineren Nervensträngen. Langgezogene Schwielen ähnlichen Baues finden sich auch auf den jungen Zweigen; hier ist es das primäre, noch außerhalb der Harzgänge liegende Rindenparenchym, welches sich stellenweis flügelartig vorwölbt und unter Lockerung und Abrundung der peripherisch liegenden Zellen ebenfalls seine Epidermis sprengt. Andere Myrtaceen haben auch gelbe Flecke auf den Blättern, zeigen aber keinerlei Intumescenz, wie z. B. *Leptospermum juniperinum*, wo die Verfärbung durch körnigen Zerfall und Bräunung des Inhalts der Pallisadenzellen auf der Ober- und Unterseite entsteht.

*Vitis vinifera.*

Der erste Fall gelangte am 2. November 1882 zur Untersuchung. Die eingesandten Blätter stammten aus einem Weinhause; sie besaßen die normale Größe, hatten aber ein marmorirtes Aussehen. Dasselbe wurde hervorgerufen durch gelbliche, auf der Oberseite etwas drüsig erhabene, unregelmäßig rundliche, vorzugsweise die Nerven begleitende Auftreibungen. Auf der Blattunterseite war die Erhebung der erkrankten Stellen stärker und in Folge dessen verfloßen manchmal dicht stehende Pusteln mit einander an der Basis. Für das unbewaffnete Auge erhielt dann die Blattfläche eine ziemlich große Aehnlichkeit mit den Anfangsstadien der durch *Phytoptus vitis* veranlaßten Filzkrankheit. Ist letztere Krankheit bereits weiter fortgeschritten, läßt sie sich leicht durch die dickwollige Beschaffenheit der kranken Stellen von den Intumescenzen unterscheiden, welche ein drüsiges Aussehen behalten.

Die Bildung der Auftreibung beginnt auf der Blattunterseite durch schlauchförmige Streckung des unter der Epidermis liegenden Schwamm-

parenchyms, das nur noch geringe Mengen fester Inhaltskörper zeigt. Durch die sehr starke Verlängerung des Mesophylls in der Richtung senkrecht zur Blattfläche wird die am Streckungsvorgange nicht beteiligte Epidermis stark in die Höhe getrieben und schließlich oftmals gesprengt und gebräunt. Es findet dies bei solchen Pusteln statt, bei deren Bildung mehrere Mesophylllagen beteiligt sind; in solchen Fällen ist die größte Streckung meist nicht mehr an den unmittelbar unter der Epidermis liegenden, stets zuerst sich verlängernden, sondern an den nächst anstoßenden, tiefer im Blattfleisch liegenden Zellen erkennbar. Die lang schlauchförmigen Zellen erhalten nicht selten nachträgliche Querwände.

In der Mittellinie der Auftreibung ist die Streckung am stärksten; die Zellen sind am schmalsten und stehen genau senkrecht zur Blattfläche. Von diesem Zentrum aus nimmt allseitig die Zellenlänge ab, die Breite wächst und die Lagerung wird fächerartig oder leicht garbenartig nach außen geneigt. Der Prozeß der Ueerverlängerung kann alle Zellen durch die ganze Dicke des Blattes bis an das Pallisadenparenchym hinan ergreifen; dieses selbst hat aber im vorliegenden Falle keine Veränderung erlitten.

Wichtig für die Erklärung der Erscheinung sind die Angaben über die Lage des erkrankten Stockes im Weinhause und über die Zeit des Auftretens der Intumescenzen. Die kranken Blätter stammen von einer Rebe des „Blauen Frankenthaler“, von welchem in demselben Treibhause noch 5 andere Stücke vorhanden waren. Diese blieben gesund; das erkrankte Exemplar stand an derjenigen Seite des Hauses, an welcher die Wasserheizungsrohren aus dem Vorhause eintraten, also die Wärme am intensivsten war. Die Erscheinung zeigte sich erst kurz vor dem Abernten der Trauben (Mitte September), wo die Stücke also bereits nahe ihrer Ruheperiode sich befanden.

Ein zweiter, sich anschließender Fall kam am 20. Mai zur Beobachtung. Die Rebsorte war nicht genannt worden; aus Form und Behaarung der Blätter war jedoch zu schließen, daß der erkrankte Stock von amerikanischen Arten stammte.

Die Blätter waren von der Spitze und dem Rande her gelblich; auf der Unterseite befanden sich viele, vom Rande nach der Basis der Hauptrippe hin an Zahl zunehmende, kreisrunde, abgeflachte-halbkugelige

drüsige Erhabenheiten, die stellenweis mit einander verfloßen erschienen und veranlaßten, daß dort die ganze Blattfläche runzelig-wellig wurde. Direkt über den Nerven waren die Auftreibungen nur spärlich und stets schwach entwickelt zu finden.

Bei geringer Ausbildung der Intumescenz sind nur die subepidermalen Zellen der Unterseite irritirt; sie erscheinen allseitig etwas ausgedehnt. Bei den stärkst entwickelten Auftreibungen nehmen mehrere hinter-einanderliegende Zellreihen an der Streckung Theil. Die direkt an die Epidermis anstoßenden Zellen verlängern sich auf das Sechs- bis Achtfache ihres ursprünglichen Durchmessers in der senkrecht zur Blattfläche stehenden Ebene und bilden pallisadenähnliche Längsreihen; die darunter liegende Mesophyllschicht ist in der Regel nur noch wenig überverlängert und die Epidermiszellen meistens gar nicht. Einzelne Fälle sind hier jedoch beobachtet worden, an denen die an der Basis der Auftreibung belegenen Oberhautzellen bis etwa auf die doppelte Länge ihrer gewöhnlichen Ausdehnung herangewachsen waren und durch eine meist schiefe Querwand sich getheilt hatten. Am Gipfel der Auftreibung sind auch schon im jugendlichen Zustande derselben die Epidermiszellen ohne vorhergegangene Verlängerung zusammengedrückt, gebräunt und bald absterbend; sie zerreißen später durch den Druck der sich streckenden, darunterliegenden Zellen und diese beginnen dann, sich vom Zentrum aus fächerartig nach außen zu richten. Im Zentrum entsteht dadurch eine etwa trichterförmige Oeffnung, von der aus leicht Fäulnißerscheinungen sich einstellen, die bei einzelnen Blättern über die größeren Nerven zum Theil fortgeschritten sind und größere Theile der Blattfläche umfassen.

Im Juli dieses Jahres erhielt ich von anderer Seite mehrere Weinblätter einer amerikanischen Bastardsorte. Die Auftreibungen sind unter der Haardecke wenig in die Augen fallend. Einzelne Theile der Blattfläche sind gelblich-braungrün und im Abwelken begriffen. Ein sehr großes Blatt zeigt von der Ansatzstelle der Blattfläche aus den Walkungsprozeß an den Hauptrippen entlang fortschreitend und über einen bedeutenden Theil der Lamina ausgebreitet.

Ganz besonders bemerkenswerth war hier ein enormer Salzreichtum, der in verschiedenen gestalteten, krystallinischen Bildungen in wechselnden Mengen im Blattstiel und den stärkeren Rippen ausgewachsener Blätter auftrat. Es fanden sich bald große Säulen, ähnlich dem oxalsauren Kalk

bei *Allium*, bald kleinere, zugespitzte Prismen, die an der Innenwand der Parenchymzelle zerstreut lagen, bald Mengen griesartiger Körnchen, welche die Zelle fast ganz ausfüllten. Spärlich waren auch unregelmäßige, kantige, die ganze Zelle erfüllende Massen von muscheligem Bruch zu finden. Die Krystalle sind kein oxalsaurer Kalk; solcher liegt in Form von Drusen in der auch noch große Stärkekörner führenden Stärkescheide der Gefäßbündel und im Markparenchym des Blattstiels; Raphiden sind verhältnißmäßig spärlich.

Die ausgeschiedenen Krystalle sind in Kalilauge löslich; die Lösung erfolgt von außen nach innen ohne Aufblähen oder Zerbröckelung. Am langsamsten lösen sich die unregelmäßigen Massen mit muscheligem Bruch. Aus der Lösung scheidet sich alsbald eine andere Verbindung in Form von knollig- oder geldrollenartig verbundenen Körnchen aus. Ammoniak löst die Krystalle ebenfalls und es entsteht alsbald ein Niederschlag aus kranzartig oder sternförmig angeordneten Körnchen, unregelmäßigen Täfelchen oder auch ausgebildeten Einzelkrystallen in Gestalt der phosphorsauren Ammoniakmagnesia. In Wasser sind die im Blattstiel befindlichen Krystalle unlöslich; in Essigsäure verschwinden sie nach längerer Zeit. Jüngere Blätter zeigen außer oxalsaurem Kalk keine krystallinischen Ablagerungen.

Der Umstand der Krystallanhäufung ist darum hier erwähnt worden, weil er auf eine Speicherung von Bodensalzen in den Assimilationsherden, den Blättern, hinweist, die keine Verarbeitung des von der Wurzel überreich zugeführten Rohmaterials ermöglichen können. Im Verhältniß zur Wasser- und Nährstoffzufuhr war also die Verarbeitungsfähigkeit der Blätter zu gering und diese Blätter zeigten die warzigen Auftreibungen, welche im Bau mit den vorbeschriebenen übereinstimmten. Diese Einsendung stammte ebenfalls aus einem Treibhause. Der erste Fall behandelte Blätter, die aus einer Spätreiberei entnommen waren, welche die bei uns im Freien nicht mehr zur Reife gelangenden Traubensorten durch vorzeitiges Erwecken in Folge von Heizung zur vollkommenen Ausbildung bringt. Der Vegetationsabschluß dieser Stöcke findet nur um einige Wochen früher als bei unsern im Freien gezogenen Sorten statt; die Holzreife wird durch die fortgesetzte Lüftung des Treibhauses nach der Ernte, durch Einstellen des Begießens u. dgl. erzielt. Der letztbeschriebene Fall stammt aus einer mit großen Wärmemengen operirenden

Frühtreiberei, bei der die Trauben schon im Sommer reifen. Ueber die Herkunft der Blätter bei der zweiten Einsendung sind Angaben nicht gemacht worden.

Wenn man den anatomischen Befund in Erwägung zieht, so ergibt sich aus der ganz außerordentlich starken, schlauchförmigen Streckung einzelner Mesophyllpartien, die dabei ihren festen Inhalt verlieren, daß hier bedeutender Wasserüberschuß vorhanden gewesen sein muß, der eine so nachhaltige Steigerung des Turgors und damit eine solche Zelldehnung allein einzuleiten vermochte.

Daß aber bei so reicher Wasser- und Nährstoffzufuhr die erregten Blattpartien nicht zur Plasma- und Zellvermehrung gelangt sind, läßt sich nur daraus erklären, daß nicht alle zur erneuten Assimilationsarbeit notwendigen Faktoren vorhanden waren. Die hier und da entstandenen Querwände in den schlauchartig gewordenen Zellen sind auf Kosten des vorhanden gewesenen Zellinhalts gebildet, kommen also hier nicht in Betracht. Bodennahrung und Bewässerung sind in einer Treiberei stets als reichlich vorauszusetzen; die Beleuchtung während der Vegetationszeit bis zu Ende derselben war eine sehr günstige und die Wärme sogar hochgradig gesteigert. Der Mangel an assimilatorischer Arbeitsleistung kann also nur in der Pflanze selbst begründet gewesen sein und als der nächstliegende Grund tritt uns der Umstand entgegen, daß die Blätter alt, dem Abschluß ihrer Vegetationsepoche nahe waren. Die Bildung der Auftreibungen war ja thatsächlich im ersten und dritten Falle erst kurz vor der Ernte der Trauben beobachtet worden. An diese gealterten Organe war ein Reiz zu gesteigerter Lebensthätigkeit in Form großer Feuchtigkeit und erhöhter Glashauswärme herangetreten und die Antwort auf diesen Reiz war nur noch lokale Zellstreckung in der Nähe der Zuleitungssysteme, der Gefäßbündel, auf Kosten des vorhandenen Zellinhalts.

Solche Reizung zu gesteigerter Lebensthätigkeit unter Umständen, die durch Mangel irgend eines Faktors eine wirkliche Vermehrung der plastischen Baustoffe durch Assimilation verhindern, werden wir auch in den folgenden Beispielen konstatiren können.

Bevor wir aber zu anderen Pflanzengattungen uns wenden, sei hier noch ein Krankheitsfall bei Wein beschrieben, der sich an die Achsenbeschädigung bei Eucalyptus anschließt.

Im Oktober 1887 wurden kleinbeerige, grüne Weintrauben eingeschickt (anscheinend „Gutedel“) von Stöcken, die aus dem freien Lande stammten. Die Trauben erscheinen auffallend locker und unter den vorhandenen Beeren befinden sich ungewöhnlich viele sehr kleine, in der Entwicklung zurückgebliebene, harte Exemplare. Viele Beeren mußten kurz nach der Blüthe bereits vertrocknet sein.

An der Basis der zu ellipsoidischen, harten Massen zusammengetrockneten Fruchtknoten bemerkte man häufig noch die Staubgefäße. Bei den entwickelten Beeren sind die Stielchen theilweis braunfleckig; aus den normal grünen Theilen treten hier und da feine, klebrige Tröpfchen, an denen mehrfach abgestoßene Staubgefäße haften. Viele Beerenstiele zeigen reichlich Warzen, von denen die stärker entwickelten gebräunt erscheinen. An den Stielen größerer Beeren bemerkt man gebräunte Längsrisse, aus denen braunkuppige, perlartige, sehr weiche Neubildungen hervortreten. Aehnliche Erscheinungen finden sich an stärkeren Aesten der Fruchtrisppe, namentlich aber an der Hauptachse selbst; dieselbe ist bisweilen auf zusammenhängenden Strecken von mehreren Centimetern Ausdehnung längsrissig und gebräunt. Die Ränder der Risse sind hart und korkfarbig; dagegen ist im Grunde der Furche ein grünes, saftiges Gewebe erkennbar.

Die halbkugeligen Auftreibungen an den Stielen der kleinen Beeren sind selten eingerissen, lassen aber an ihrem Gipfel vielfach Lentizellen erkennen. Dennoch stehen die Lentizellen mit den Neubildungen in keinem nothwendigen, ursächlichen Zusammenhange; bei Betrachtung jugendlicher Stadien sieht man vielfach beide Gebilde getrennt und unabhängig von einander entstehen. An den kranken Trauben zeigt der Holzkörper der Beerenstielchen oftmals gebräunte Querzonen oder auch braune Gewebepartien in der Rinde, welche leichten Froststörungen durchaus gleichen; doch sind auch diese nicht in direkte ursächliche Verbindung mit den warzigen Auftreibungen zu bringen, von denen viele an Stellen ohne jegliche Bräunung vorkommen.

Aus den angeführten Einzelheiten ist zu schließen, daß die Auftreibungen selbstständige Erscheinungen sind, die frühzeitig im Leben der Trauben aufgetreten und die Fruchtentwicklung derart beeinflußt haben, daß die Beeren wenig mehr als die Hälfte der normalen Größe erreichen konnten. Jedenfalls steht fest, daß die Neubildungen plastisches Bau-

material beansprucht haben, das sonst von den Beeren hätte verwendet werden können und daß durch die an der Traubenachse befindlichen Rißstellen dauernd ein namhafter Wasserverlust durch Verdunstung stattgefunden hat, der zum Nachtheil des Schwellungsprozesses der einzelnen Beeren ausschlagen mußte. Dadurch wäre die Kleinheit der Beeren erklärt.

Der Bau der warzenartigen Erhabenheiten läßt erkennen, daß hier auch bedeutende Zellstreckung stattgefunden hat und daß die lang ausgezogenen Zellen sich nachher reichlich quer gefächert haben. Die Epidermis ist an dem Streckungsvorgange stets unbetheiligt, etwas irritirt durch denselben ist die daranstoßende Zellschicht; am stärksten ergriffen erweisen sich die tiefer im Innern der Rinde liegenden Parenchympartien. In diesen bemerkt man auch die ersten Anzeichen der Streckung. Eine bestimmte Zellreihe, in welcher der Vorgang stets beginnt, ist nicht vorhanden; ebenso wenig ist festzustellen, wie weit der Ueberverlängerungsprozeß rückwärts in die Rinde hineingreift. Bei den am meisten ausgebildeten Warzen griff die Veränderung bis in die Zone der primären Hartbastzellen zurück.

Am besten läßt sich der Bau der Auftreibungen aus Fig. II erkennen. In derselben deutet h einige Gefäßbündel, die den Holzring des Beerenstielchens bilden, an; m ist der Markkörper, hb der Hartbast, bis zu welchem im vorliegenden Falle die Veränderung des Rindenparenchyms zurückgreift. Dieselbe zeigt sich in einer Ausweitung und schließlich radial überwiegenden Verlängerung des unterhalb der collenchymatischen Elemente liegenden Parenchymgewebes, dessen Zellen sich nachträglich gefächert haben. Durch diese Streckung wird das vorliegende Collenchym c zusammengedrückt und, ohne vorher an der Streckung Theil genommen zu haben, sammt der Epidermis zum Absterben gebracht; e ist die normale Epidermis, k die an der Grenze des absterbenden Gewebes sich bildende und uhrglasförmig das todte Gewebe ausschneidende Korkzone. Eine solche Korkzone ist nicht immer entwickelt; manchmal geht das absterbende unmerklich in das sehr zartwandige, noch gesunde Gewebe über, das an der Uebergangsstelle noch verkorkte Wandungen zeigt. cg ist normales Collenchym, das gruppenweis und nicht in zusammenhängendem Ringe die Peripherie des Rindenkörpers bildet. In der nicht ausgeführten Hälfte der Zeichnung soll p die Grenze des schlauchförmig verlängerten, gefächerten Rindengewebes andeuten.

Die hier skizzirten Auftreibungen sind auch nicht als Folgen der erwähnten Rißstellen anzusehen, vielmehr läßt sich vielfach eher der umgekehrte Fall annehmen. Man bemerkt nämlich an solchen Stellen, an denen die Intumescenzen dicht bei einander stehen, daß in Folge der Spannung des Gewebes zwischen zwei Auftreibungen ein Einreißen der Rinde stattgefunden hat.

Im Anschluß an diesen Fall mag noch eines Vorkommnisses gedacht werden, das mit dem vorigen Aehnlichkeit hat. Im vorigen Jahre erhielt ich von zwei verschiedenen Orten aus Weintreibereien einige Trauben mit reifenden Beeren, die im Wachstum durch Braunwerden und Vertrocknen der Beerenstiele einen plötzlichen Stillstand erlitten hatten. In den braunen Stellen war Mycel nachweisbar, das von reichlich vorhandenen, an der Oberfläche rasig-unebenen Wrchen ausging.

Die Wrchen erwiesen sich als auerst uppig entwickelte Lenticellen. Die der Einsendung beigefuten Notizen besagten ubereinstimmend, daß die Weinhäuser sehr feucht gehalten und zwar sehr stark gespritzt wurden. Wir haben hier also eine Erscheinung, die sich an die bei andauernd feuchten Herbstern eintretende Lenticellenwucherung einzelner Baumarten (*Alnus*) anschließt; der Unterschied liegt aber darin, daß bei Wein diese wuchernde Entwicklung abnorm ist und den Pflanzentheil für Pilzansiedelung disponirt.

Einige Aehnlichkeit haben die hier bei *Vitis* beschriebenen Erscheinungen mit den von *Tomasche* am wilden Wein (*Ampelopsis hederaea*) beobachteten Perlenbildungen. An jungen Zweigen, Blattstielen und Blattnerven, namentlich an der Außenseite der Nebenblätter treten häufig glasartige, besonders bei Lichtmangel stark entwickelte Perlen auf. Dieselben entstehen schon in der ersten Jugend der Pflanzentheile unterhalb einer Spaltöffnung, indem die Zellen in der Umgebung der Athembhle in dieselbe hineinwachsen und bei ihrer fortschreitenden Vermehrung die Epidermis auftreiben. Im Herbst vertrocknen diese Gebilde und an ihre Stelle treten wirkliche Lenticellen mit Korkbildung.

Dem bei den Traubenstielen geschilderten Fall schließt sich das Aufreißen der Stengelrinde bei Arten der Gattung *Acacia* an. Bei einfachen Vorgängen dieser Art ist es das zwischen Hartbast und Epidermis liegende Parenchym, das sich stellenweis schlauchartig streckt, die meist



an der Streckung unbetheiligt bleibende Epidermis auftreibt und schließlich sprengt.

Erhebungen, die auf Gewebelockerung beruhen, habe ich schon früher (Handbuch der Pflanzenkrankheiten, II. Auflage) bei *Lavatera trimestris* und *Malope grandiflora* beschrieben. Hier finden sich auf der Sonnenseite niedergestreckter Stengel und Zweige Längsschwielen, die oftmals roth gefärbt sind. Dieselben werden durch eine bedeutende Längs- und Querstreckung der Zellen des Rindenkörpers und vielfach auch des Holzkörpers veranlaßt. Anfangs sieht man, daß die Zellpartien zwischen zwei primären Hartbastbündeln sich radial und stärker noch tangential strecken und durch diese Vergrößerung sich bogenartig nach außen vorwölben. Die Collenchymschichten sind an diesen Stellen weniger entwickelt. Wenn der Streckungsprozeß weiter fortschreitet und noch tiefer nach innen liegende Gewebeschichten erfaßt, werden die Bastbündel auseinandergerückt und schließlich kann selbst der Holzkörper in Mitleidenschaft gezogen werden und seine prosenchymatischen Elemente durch ein weitmaschiges Holzparenchym ersetzen.

#### *Impatiens Sultani*

ist leicht geneigt, Intumescenzen des Achsenorgans zu erzeugen. Am häufigsten erscheinen dieselben im Herbst, wenn die Temperatur sinkt und für längere Zeit eine trübe, niederschlagsreiche Periode sich einstellt. Die Pflanzen werden dann gelblich-bleich und werfen die Blütenknospen. Unter solchen Umständen wurde an einzelnen Exemplaren die Stengelbasis bis zu 8 cm aufwärts schwarzbraun gefleckt und aufgetrieben gefunden; andere Exemplare hatten stellenweis korkfarbige Erhabenheiten. Die Wurzeln waren überall gesund, die Stengel außerordentlich brüchig. An der Bruchstelle trat (wie es schien, aus der ganzen Oberfläche) reichlich eine saure Flüssigkeit; die Röthung verschwand beim Trocknen des Lakmuspapiers fast gänzlich. Auch an den Zweigen, namentlich an den Ursprungsstellen und an Narben kürzlich abgefallener Blätter fanden sich unregelmäßige, schwarze Flecke, die anfangs eine ebenso glatte Oberfläche wie die grünen Zweigstellen besaßen. An diesen geschwärzten Stellen erscheinen die Wandungen der Epidermiszellen schwarzbraun oder schwarzgrün und der ebenso gefärbte, meist spärliche Inhalt ist körnig an den Wandungen niedergeschlagen. Einzelne Zellen sind gänzlich mit tief schwarzbraunen Massen erfüllt. Mehr noch als bei der Epidermis

findet sich diese Erscheinung bei einer oder zweien der daranstoßenden Parenchymlagen. Im tiefer liegenden Gewebe verblassen die Verfärbungsvorgänge und gänzlich braun ausgefüllte Zellen sind selten.

In einem weiter fortgeschrittenen Stadium sieht man die Epidermiszellen radial gestreckt und, bevor sie noch das Doppelte ihrer normalen Länge erreicht haben, durch Querwände getheilt; je mehr die Zellen verlängert sind, desto reichlicher treten Querwände auf. Durch diese Uebersverlängerung entstehen stumpf-kegelförmige Kuppen aus zusammengehörigen, braunwandigen Zellreihen.

Viel hervorragender und weicher werden diese Auftreibungen, wenn (was häufig der Fall ist) die unterhalb der Epidermis liegende Zellschicht an der Streckung Theil nimmt. Beide Entwicklungsformen finden sich in Fig. III wiedergegeben. In derselben bedeutet e die Epidermis in Streckung und Fächerung; s ist die subepidermale Zellenlage, welche den Hauptantheil an der Bildung der größeren Erhebungen nimmt; b ist eine braunwandige, mit braunkörnigem Inhalt versehene Zellengruppe; c o Collenchymlage. Wir sehen, daß die subepidermalen Zellen sich zu parallelen Schläuchen verlängern, bei denen der Längsdurchmesser oft das Acht- bis Zehnfache des Querdurchmessers erreicht. In diesem Falle sind die Epidermiszellen weniger lang und bilden über dieser Schlauchschicht eine unregelmäßige, braune, abgestorbene Kuppe.

Bei dieser starken Streckung und Hervorwölbung des Gewebes wird die Spannung im Umfang schließlich so groß, daß die Gipfelregion zerklüftet und sich Gruppen von stumpfen Einzelkegeln mit unregelmäßig höckeriger Oberfläche bilden. Mehr als die erwähnten 2 Zellschichten nehmen an der Bildung dieser Auftreibungen in der Regel nicht Theil; nur in extremen Fällen greift der Streckungsprozeß noch rückwärts tiefer in die Rinde hinein. Die schwarzbraune Färbung der Zellwandungen kann mit der Zeit verblassen und läßt auch bedeutend bei der Aufbewahrung der Präparate in Spiritus nach, so daß dann die zusammenhängenden Gewebeauftreibungen als korkartig gefärbte, breite Polster erscheinen. Mit Kalilauge färben sich die dunkelsten Stellen gelbbraun, die weniger intensiv gebräunt gewesen sind werden quittengelb. Anfänge der Bräunung sind auch noch tiefer im Rindenkörper zu finden und dort sieht man, daß die Verfärbung der Wandung fast ausnahmslos an den Intercellularräumen beginnt.

Abgesehen von diesen Intumescenzen und der in Folge von Temperatur-Erniedrigung eingetretenen, gelblicheren Blattfärbung ist die Pflanze gesund, der Wurzelkörper reichlich entwickelt, die parenchymatischen Elemente des Mark- und Rindenkörpers vollkommen normal, die Gefäße nicht braunwandig und nicht verstopft. Stärke (mit schwach grüner Oberfläche) nur in der Stärkescheide. Auf den verkorkten und abgestorbenen Kuppen der Auftreibungen haben sich Algen und Pilze angesiedelt.

Zur Erklärung der Erscheinung sind folgende Umstände heranzuziehen. Die Auftreibungen sind Zellstreckungen, keine Gewebevermehrung aus neu zugeführtem, plastischem Material; denn die Fächerung erfolgt auf Kosten des vorhanden gewesenen Inhalts. Die Gebilde stellen sich erst im Herbst ein, wobei sich eine Assimilationsschwäche in der erhöhten Zersetzung des Chlorophyllkörpers gegenüber der Neubildung desselben durch das Auftreten des gelblichen Farbentons der Blätter kenntlich macht. Das Laub wird aber wieder normal grün und die Bildung der Intumescenzen macht keine weiteren Fortschritte, sobald die Pflanzen in das warme Zimmer genommen werden. Es war also Wassertüberschuß bei Wärmemangel vorhanden. Der Wärmemangel war aber nicht so groß, daß er sämtliche Funktionen aufhob; er minderte dieselben nur herab und zwar besonders die Assimilationsarbeit, während die Wasseraufnahme durch die Wurzel wenig oder nicht verringert war. Der Theil des aufgenommenen Wassers, der sonst für Assimilationsvorgänge verwendet wurde, war überschüssig und wirkte erhöhend auf diejenigen Prozesse des Zellebens, die unter den gegebenen Verhältnissen noch kräftig sich vollziehen konnten und dies war im vorliegenden Fall die Zellstreckung.

Daß Wassertüberschuß zu einer Zeit reicher Assimilationsarbeit bei dieser Pflanze keine abnormen Zellstreckungen hervorruft, zeigt folgender Versuch.

Es wurden am 29. April zwei Zweige einer kräftigen *Impatiens* derart in ein Glasgefäß mit destillirtem Wasser herabgebogen, daß die Spitze mit sämtlichen Blättern untergetaucht blieb. Nach einigen Tagen machten die der Morgensonne ausgesetzten Zweige innerhalb des Wassers sehr kräftige heliotropische Krümmungen und blieben 4 Wochen hindurch vollkommen gesund. Laubverfärbung trat nicht ein; nur bekamen sämtliche Blätter (auch die jungen der fortwachsenden Spitzen) eine schlüpf-

rige Oberfläche durch Cladotrix- und Bacillus-Ansiedelungen, wobei aber keinerlei Krankheitserscheinungen beobachtet werden konnten. Ebenso unschädlich erwies sich das Mycel eines Pilzes, der nach den sehr spärlichen pfriemlichen Aesten mit einzelnen kugeligen Conidien für die Wasserform eines Penicillium anzusprechen sein dürfte. Derselbe hatte die zur Zeit des Untertauchens angelegten und in Fäulniß übergegangenen Blütenknospen durchspannen, saß reichlich an der Ansatzstelle der abgelenkten Blütenstielchen, ging aber nicht in das gesunde Gewebe hinein. Für die Gesundheit der untergetauchten Zweige sprach der Umstand, daß Epidermis und alle übrigen Gewebe vollkommen farblos blieben, daß die Chlorophyllkörper groß, meist scharf kontourirt und in normaler Lagerung sich zeigten, und daß an den ältesten, blattlosen Gliedern sich kräftige Adventivwurzeln entwickelten. Bei Sonnenbeleuchtung sammelten sich an diesen Wurzeln, sowie an der Stengeloberseite, an den Blattnarben und Blattzähnen zahlreiche Gasblasen. Stärke war weder im Luft- noch im Wassertheil der Pflanze nachweisbar; jedoch enthielt letzterer in jeder Zelle einen großen farblosen, grünen, stark lichtbrechenden Tropfen, der in den Luftblättern nicht auftrat.

Diese selbst unter Wasser sich assimilationskräftig erweisenden Achsenstücke haben an den Wundstellen Penicilliumvasen, also einen Pilz, der bei Kernobstfrüchten, Zwiebeln, fleischigen Blättern als Wundparasit nachgewiesen ist, und dennoch ging dieser Pilz nicht in das Gewebe der untergetauchten Achse von den Bruchstellen der Blattstiele aus hinein. Dies ist wieder ein Beweis, wie für manche (vielleicht für alle) Pilzinfektionen eine (oft wohl in Assimilationschwäche bestehende) Disposition bei der Nährpflanze vorhanden sein muß, um eine krankheitserregende Weiterverbreitung des Pilzes eintreten zu lassen.

Nachdem der Zweig am 24. Mai derart an die Luft gehoben worden, daß nur noch der die langen Adventivwurzeln tragende Stengelbogen im Wasser verblieb, lösten sich alsbald die älteren Blätter unter leichter Gelbfärbung ab; sie waren wie die etwas später sich ablösenden gleichalterigen Blätter der Luftachsen normal funktionslos geworden. Daß die Funktionslosigkeit der Organe den Abgliederungsprozeß selbst bei reicher Beleuchtung, Wärme und trockner Luft hervorzurufen vermag, zeigte sich bei denselben Versuchspflanzen. Es wurden nämlich um diese Zeit den Exemplaren eine Anzahl beblätterter Zweigspitzen zu Stecklingen

entnommen, so daß nur die blattlosen, 5 bis 12 cm langen Zweigbasen stehen blieben. Konnte sich aus den Augen der obersten Blattnarben ein Trieb ausbilden, blieben diese Zweigbasen erhalten. Gelangte kein Auge zum Austreiben, so daß die ent-pitzten Zweige blattlos blieben, gliederten sich die oberen Theile an einem Nodus ab. Die Bruchflächen zeigten die bekannten, abgerundeten Zellen der gewöhnlichen, herbstlichen Abgliederungsfläche.

In Beziehung auf die Intumescenzen ergab der Versuch, daß an den Theilen, an welchen im Herbst sich die Auftreibungen einzustellen pflegten, innerhalb der Zeit kräftigster Assimilation im Frühjahr durch Wasserüberschuß sich keine Streckungen alter Zellen hervorrufen ließen, sondern Produkte eines neu produzierten, plastischen Baumaterials in Form von Adventivwurzeln ausgebildet wurden.

Um weitere Beweise für die Ansicht zu schaffen, daß solche schlauchartige Zellstreckung im ausgewachsenen Gewebe durch Wasserüberschuß zu einer Zeit eingeleitet wird, in welcher die Assimilation eine Depression erfährt, wurden die oben erwähnten Stecklinge einer Versuchspflanze herangezogen und bis Anfang September ganz gleichmäßig im Vegetationshause gepflegt. Von da an wurden 2 Pflanzen an ein der Mittagsonne ausgesetztes Zimmerfenster gebracht und unter reichlichem Begießen bis Ende Oktober dort gehalten. Die anderen 6 Pflanzen blieben während dieser Periode allen Witterungsverhältnissen im Freien ausgesetzt; nur an solchen Abenden, an denen Frost in Aussicht stand, wurden die Vegetationswagen in das Glashaus gefahren. Die Witterung war meistens warm, trübe, mit vielfachen Regenschauern, der Laubfall der Bäume innerhalb dieser Periode fast vollendet. Schon zu Anfang Oktober zeigten sich an einem und später noch an drei anderen Pflänzchen die Intumescenzen; zwei (etwas gelblaubige) Exemplare blieben glatt, ebenso wie die zwei im Zimmer kräftig weiter wachsenden Pflanzen.

#### *Solanum Warscewiczii.*

Im Dezember 1886 wurden in einem Warmhause mehrere Exemplare des genannten *Solanum* beobachtet, welche während des Sommers im freien Lande ausgepflanzt und im Herbst behufs Ueberwinterung wieder in Töpfe zurückgepflanzt und warm gestellt worden waren. Einzelne der älteren, gut erhaltenen Blätter erschienen vollkommen gesund und grün. Der fleischige Blattstiel ist auf der Ober- und Unterseite (auf ersterer

mehr) dicht braunfilzig und diese Beschaffenheit setzt sich bei einzelnen Blättern über die ganze Mittelrippe bis nahe an die obersten Blattzipfel fort. An einzelnen Stellen der Hauptrippe solcher Blätter, namentlich dort, wo stärkere Seitenrippen abgehen, finden sich längliche, braunfilzige, in der Gestalt einem während des Fließens erstarrten Tropfen nicht unähnliche Auftreibungen fleischiger Konsistenz. Von der Hauptrippe ausstrahlend, setzt sich, bei den verschiedenen Blättern in verschiedener Intensität, der braunfilzige Ueberzug oberseits auf die Seitenrippen fort und löst sich endlich in einzelne, an beiden Rändern der Rippe zerstreute, oftmals auch leicht zusammenfließende, kleine, streifenförmige Wollhäufchen auf. Derartige, wollige Knötchen treten oberseits auch auf dem Blattfleische zerstreut auf; die einzige Regelmäßigkeit, die man in der Verteilung bemerkt, besteht darin, daß die Auftreibungen besonders häufig an feineren Nervenverzweigungen entstehen. Die Blattunterseite weist die geschilderten Erscheinungen auf den starken Rippen viel spärlicher auf; dagegen sind die zerstreuten, meist kreisförmigen Häufchen auf der Blattfläche und die schwierigen Auftreibungen über den feineren Nerven bedeutend reichlicher. Nicht selten waren auch größere, weißflockige Stellen bemerkbar; diese erwiesen sich als Mycelanhäufungen eines farblosen, in seinem Fadengeflecht die Haare umspinnenden Pilzes, unter welchem das Gewebe des Blattes vollkommen gesund war.

Die tropfenförmigen Knötchen auf der Oberseite der Blattmittelrippe erweisen sich als parenchymatische Wucherungen, die 2—3 mm Höhe erreichen können und aus dem über dem Gefäßbündel liegenden Blattparenchym hervorgegangen sind. In der Regel haben sich nur die unmittelbar unter der Epidermis liegenden Zellschichten beteiligt, welche langgestreckt erscheinen, durch nachträgliche parallele Querwände vielfach gefächert und in parallelen Längsreihen emporgewachsen sind. Die peripherische Region des Knötchens zeigt unregelmäßig angeordnetes Parenchym, weil die Endglieder der fächerartigen Zellreihen sich allseitig freier ausbreiten und dabei sich verschieben. In dieser Region ist auch der Unterschied zwischen den ursprünglichen, parenchymatischen Mutterzellen und deren späteren Theilprodukten weniger in die Augen springend, während im Innern der Auftreibung man die langgestreckten Mutterzellen an ihren derberen Wandungen leicht von den durch nachträgliche, dünne Querwände gebildeten Tochterzellen unterscheiden kann.

In die Wucherung hineingezogen ist an der Basis ein Theil des seitlich anstoßenden, normalen Gewebes mit seinen collenchymatischen Elementen und vereinzelt sternförmigen Haaren. Die Knötchen selbst sind bei kräftiger Entwicklung am Gipfel mannigfach eingerissen oder doch mehrfach wellig vorgewölbt und gebräunt. Die braunen Gewebepartien sterben unter Mitwirkung von Mycelpilzen ab und erscheinen (vermuthlich durch Reibung der Blätter gegen einander) mit fetzenartigen Zellresten an der Oberfläche besetzt, wodurch das für das bloße Auge wollige Aussehen der Knötchen hervorgebracht wird.

Am normalen Theile des Blattstiels bemerkt man zwischen Epidermis und den stark entwickelten Collenchymschichten eine aus 2—4 Zellreihen gebildete, chlorophyllreiche Region. Die Vorwölbung beginnt nun durch radiale, sofort sehr intensiv auftretende Streckung der unmittelbar unter der Epidermis liegenden Zellschicht; erst später nimmt die Epidermis Theil, wenn dieser Fall überhaupt eintritt, was nicht häufig ist. Meist bleibt die Oberhaut unverändert und wird passiv in die Höhe getrieben, wobei ihre Zellen sich stark bräunen und verkorken. Im Falle einer direkten Betheiligung am Streckungsvorgange kann die Ueberverlängerung der Epidermiszellen ziemlich bedeutend werden und das Vierfache der radialen gewöhnlichen Ausdehnung erreichen; sie werden dabei in der Regel auch breiter und leiten damit die seitliche Ueberwölbung der Wucherung über die gesunden anstoßenden Zellpartien ein. Manchmal werden die porös verdickten Basalzellen der Haare in die Intumescenz hineingezogen. Wenn diese Zellen auch nicht bis zur sklerenchymatischen Beschaffenheit vorgeschritten sind, erscheinen sie doch am gesammten Umfange gleichmäßig dickwandig und trotzdem nehmen sie noch an der Streckung Theil und können sich um das Mehrfache ihres ursprünglichen, radialen Durchmessers verlängern. Dieser Umstand erscheint insofern bemerkenswerth, als er andeutet, daß die Turgescenz äußerst stark gewesen. Daß der Streckungsvorgang wirklich erst am ausgewachsenen Organ und nicht schon im jungen Blatte stattgefunden, scheint mir daraus hervorzugehen, daß die betreffenden Blätter alt waren und nicht erst im Warmhause gebildet worden sind. Im Freien zeigte sich aber bis Ende Oktober an den im folgenden Jahre intumescirten Exemplaren, selbst an jungen Blättern, zwar auch das Auftreten gelber Flecke, aber keinerlei Streckungsvorgang. Der Fall stimmt also mit dem an den Stengeln von

Impatiens beobachteten überein, bei welchem auch die Epidermis ausgewachsener Organe nachträglich sich überverlängert. Insofern weichen aber die Intumescenzen bei Solanum von denen anderer Pflanzen ab, als erstere reichlicheren Chlorophyllgehalt zeigen; die peripherischen Zellen sind allerdings auch chlorophylllos oder doch sehr chlorophyllarm; aber die zentrale Partie, welche ganz gesund erscheinendes Gewebe repräsentirt, besitzt den grünen Farbstoff ziemlich reich in scharfkontourirten, sehr kleinen Körnchen. Stärke ist nicht nachweisbar.

Die an den Pflanzen schon im Freien bemerkbaren, gelben Flecke haben mit den Intumescenzen nichts zu thun. Theils schon draußen, mehr aber nach dem Eintritt ins Warmhaus bräunen sich die Mittelpartien dieser Stellen in der Pallisadenzellschicht, wobei Mycelentwicklung deutlich erkennbar wird. Mehrfach sind auch Mycelfäden, in Spaltöffnungen eindringend, gesehen worden.

Bei den im Blattfleisch auftretenden Knötchen erstreckt sich die Uebersverlängerung in den extremsten Fällen von der Unterseite aus rückwärts bis an das Pallisadenparenchym heran. Letztere Zellen sind zwar nicht gestreckt beobachtet worden, wohl aber in ihrem Inhalt wesentlich verarmt und dadurch von der Umgebung verschieden.

#### *Ficus elastica.*

Das Erscheinen knötchenförmiger Intumescenzen ist ein bei der Zimmerkultur dieser Pflanze häufiges Vorkommniß, das in der Regel im Herbst oder Winter und zwar am letztentwickelten Triebe sich einzustellen pflegt. Vorher bemerkt man an der Pflanze oftmals eine gewisse Schlawheit, die sich dadurch bemerklich macht, daß die Blätter sich rückwärts an die Achse näher heranbiegen, als dies bei gesunden Pflanzen der Fall ist.

In dem zur Untersuchung genommenen Exemplare waren mit Ausnahme eines einzigen, am Rande gelblich-grünen Blattes alle andern mit Knötchen behafteten Blätter tief dunkelgrün, und nur bei durchfallendem Lichte bemerkte man, daß die gesammte Blattfläche ungleichmäßig vertheilte, kleine, hellere, kreisrunde Stellen besaß. Bei manchen Blättern waren diese durchscheinenden Punkte nur am Rande zu finden, bei andern zwar auf der ganzen Blattfläche zerstreut, aber am Rande zahlreicher. Einer jeden dieser helleren Stellen entsprach eine flache, knotig-



drüsige Auftreibung der Blattunterseite, welche in der Mehrzahl der Fälle über einem feinen Gefäßbündelaste entstanden war.

Die Auftreibungen liegen in den verschiedensten Entwicklungsstadien dicht neben einander; doch gehen sie manchmal auf einem Blatte nicht über eine gewisse Höhe der Ausbildung hinaus, während sie auf dem nächst benachbarten zu vollkommener Entwicklung gelangen. So bleiben beispielsweise auf einem Blatte die Erhabenheiten in Form halbkugeliger, glänzender, geschlossener Knötchen, während auf andern Blättern eine breitere, am Gipfel abgeflachte, zu Verschmelzungen geneigte Form vorherrscht, die bisweilen dort kraterförmig vertieft erscheint.

An dem Aufbau der Intumescenz nimmt fast immer nur dasjenige Gewebe Theil, das noch zur unteren, lockeren Blattseite gehört. Die Epidermis nebst den chlorophylllosen beiden folgenden Zellschichten, sowie die beiden Lagen von Pallisadenparenchym bleiben meist unbetheilt. Das normale Blatt besitzt auf beiden Seiten eine mehrschichtige Epidermis und zwar ist sie meistens dreischichtig unterhalb, vierschichtig auf der Oberseite und dort von bedeutend größerer Radialausdehnung. Eine Anzahl Messungen an einem Blatte ergab, daß, wenn die aus zwei äußeren, kleinzelligen und zwei inneren, großzelligen, wasserspeichernden Elementen bestehende Epidermallage der Oberseite  $\frac{1}{8}$  mm Dicke erreicht, die chlorophylllosen Zelllagen der Unterseite an dieser Blattstelle nur etwa  $\frac{1}{16}$  bis  $\frac{1}{20}$  mm Dicke hatten und direkt über den Knötchen noch geringere Ausdehnung zeigten.

Die Erhebung beginnt durch ein senkrecht zur Blattfläche erfolgendes, schlauchförmiges Auswachsen der unterhalb der Epidermis liegenden, pallisadenartigen und der darunter befindlichen, im normalen Zustande armartig ausgebauchten Schwammparenchymzellen. Durch die bei deren Vergrößerung erfolgende Umformung fallen die großen Interzellularräume fort und die ganze Auftreibung setzt sich dann aus gleichartig dünnwandigen, chlorophyllarmen, in annähernd parallelen Längsreihen fest aneinandergeschlossenen Zellen zusammen. An manchen Blättern zeigen die stärkst entwickelten Knoten in der Gipfelregion eine Quellung der äußeren Cuticularschichten, die sich bis zur Entstehung tropfenartiger Bildungen steigern kann; die harzartige Beschaffenheit dieser Quellungprodukte dürfte aus der starken Speicherung der Alkanatinktur zu folgern sein. In solchen Fällen haben auch die Epidermallagen einen

andern Charakter, indem an den höchsten Stellen der Auftreibung die unteren Reihen der wasserspeichernden Schicht die Form von gewöhnlichem Parenchym annehmen und Chlorophyllkörner führen.

In manchem Blatte, das derartige Knötchen trug, konnten auch keine vollkommen ausgebildeten Cystolithen gefunden werden; die entsprechenden Gebilde waren fadenartig, wurmförmig gekrümmt, mit wenig verdicktem Ende und glatter, selten nur schwach warziger Oberfläche. Die Milchsaftröhren innerhalb des Knötchens sind normal, nur manchmal sehr weitlumig und stark aufwärts gerichtet; stellenweis bemerkt man Neigung zur Quellung der Zellwand. In den stärkst entwickelten Intumescenzen, welche über Gefäßbündelsträngen entstehen, findet man, daß die schlauchartige Ueerverlängerung so tief nach der Oberseite hin in das Mesophyll hineingreift, daß sogar jenseits des Gefäßstranges eine zur Blattoberseite gehörige Pallisadenschicht in den Streckungsprozeß hineingezogen wird.

Die stark von Knoten durchsetzten Blätter halten sich bei vorsichtiger Behandlung der Pflanze bis zum Frühjahr und auch noch länger, lösen sich aber doch schließlich früher ab, als die wenig oder nicht befallenen Blätter derselben Entwicklungsperiode. Vor dem Abfallen vergilben sie, wobei nicht selten das umgekehrte Bild wie zu Beginn der Krankheit entsteht, indem die Knötchenstellen noch grün erscheinen, während die normale Blattfläche bereits leuchtend gelb ist.

Unter „vorsichtiger Behandlung“ ist im vorliegenden Krankheitsfalle die Auswahl eines warmen Standortes und die möglichste Beschränkung der Wassergabe zu verstehen. Alle knötchenkranken Pflanzen, die mir im Laufe der Jahre zu Gesicht gekommen, erwiesen sich als mehr oder weniger wurzelfaul und nur, wenn es gelingt, gesunde Wurzeln und einen schnell sich entwickelnden Trieb zu erzeugen, tritt die Krankheitserscheinung nicht weiter auf. Auch bei Exemplaren, die schwächliche Triebe entwickelten, aber zur Vermeidung einer größeren Ausbreitung der Wurzelfäulniß sehr wenig begossen wurden, sah ich die kleinbleibenden Blätter knötchenlos auftreten. Bringt man bei der Zimmerkultur die Pflanze bis zum Beginn der neuen Vegetationsperiode ohne Entblätterung durch den Winter und behält in der ersten Zeit der Entfaltung neuer Blätter ein mäßiges Gießen bei, während man einen Standort mit erhöhter Wärme und reichlicher Lichtzufuhr aussucht, so werden sich nach dem Umpflanzen in neue Haideerdmischung ziemlich schnell neue Wurzeln bilden.

Nach der Zeit des Auftretens der Krankheit, der Beschaffenheit der Wurzeln und nach den Bedingungen, unter welchen die Krankheit aufhört, würde die Knötchenbildung bei *Ficus elastica* in folgender Weise zu erklären sein. Die Pflanze hat die Gewohnheit, eine Anzahl von Blättern schnell hinter einander zu entwickeln und dann längere Zeit mit der Triebbildung zu ruhen. In der Periode der Herbstruhe werden die Gummibäume häufig in die wärmeren Winterquartiere (geheizte Zimmer etc.) gebracht und diese erhöhte Wärmezufuhr wirkt reizend auf die Blattthätigkeit. Wenn der Blattkörper diesem Reize nicht durch neue Gewebbildung folgen kann (sei es aus Mangel an Reservematerial oder Assimilationsschwäche wegen geringer Beleuchtung u. dgl.), so wirkt bei übermäßiger Wasserzufuhr die Temperaturerhöhung nur anregend zur Zellstreckung auf Kosten des vorhandenen Zellinhaltes.

Soweit wie die Nebenumstände bekannt geworden, stellen alle die hier erwähnten Fälle Beispiele dar, daß die Pflanzen zur Zeit herabgedrückter Assimilationsthätigkeit eine Reizung durch erhöhte Wärme bei verhältnißmäßig überreicher Wasserzufuhr erleiden und auf diesen Reiz nur durch Zellstreckungen auf Kosten des vorhandenen Zellinhalts antworten können. Das Verschwinden des Chlorophylls erzeugt Gelbfärbung und die sich streckenden Zellen treten fast immer als drüsige, warzige oder knötchenartige Auftreibungen über die Blattoberfläche hinaus.



### Neue Litteratur.

**Busch.** Untersuchungen über die Frage, ob das Licht zu den unmittelbaren Lebensbedingungen der Pflanzen oder einzelner Pflanzenorgane gehört. Berichte der deutsch. bot. Ges. Bd. VII. Generalversammlungsheft. S. 25—30.

Bei konstanter Verdunkelung gehen die grünen Assimilationsorgane unter vorheriger Entleerung sämtlicher Zellen in längerer oder kürzerer Zeit zu Grunde. Am schnellsten geschieht die Entleerung bei sommergrünen und an hellen Standorten wachsenden Pflanzen, langsamer bei immergrünen und Schattenpflanzen. Bei der Entleerung vermindert sich die Größe der Chlorophyllkörner, diese ballen sich in Klumpen zusammen, auch die Zellkerne lösen sich auf, das Plasma wird schließlich ganz wässrig. Mit den organischen Substanzen wandern auch die werthvollsten Mineralbestandtheile in die nicht verdunkelten Pflanzentheile, das Chlorophyll wird durch die Verdunkelung nicht ohne Weiteres zerstört und chemisch zersetzt, sondern unter chemischer Umwandlung in die belichteten Theile übergeführt. Sind die Zellen im Dunkeln nur kurze Zeit am Leben, so wandert die Chlorophyllsubstanz sehr bald aus, anderenfalls bleibt auch das Chlorophyll in ihnen längere Zeit erhalten. „Die Zerstörung des Chlorophylls ist keine primäre Dunkelheitswirkung, sondern das Chlorophyll kann als solches im Dunkeln beliebig lange unverändert persistiren, vorausgesetzt, daß dabei die Zelle selbst am Leben bleibt; wenn dagegen das Chlorophyll im Dunkeln zerstört wird, ist dies nur eine sekundäre Erscheinung, die in Begleitung des durch den Lichtmangel bedingten Absterbens der Zellen eintritt.“

Aehnliche Erscheinungen wie bei total verdunkelten Blättern zeigen sich auch bei partieller Verdunkelung. Werden grüne Internodien oder Blattstiele verdunkelt, so bleiben diese beliebig lange am Leben, so lange nur die darüber liegenden Assimilationsorgane am Leben sind. C. K.

**C. Timriazeff.** Ueber die Beziehung zwischen der Intensität der Sonnenstrahlung und der Kohlensäure-Zerlegung durch die Pflanzen. Comptes rendus. 1889. T. CIX. p. 379. — Naturw. Rundschau. 1889. Nr. 50. S. 646.

Die Frage nach dem Verhältnisse der Strahlungsintensität zu der chemischen Thätigkeit des Chlorophylls ist von vielen Forschern zum Gegenstand der Untersuchung gemacht, ohne daß bisher eine befriedigende Uebereinstimmung zwischen den Resultaten erzielt wäre. Die verschiedenen Anschauungen, welche hierüber aufgestellt werden, faßt Verf., wie folgt, zusammen: 1) die Reduktionsthätigkeit ist proportional der Lichtintensität; 2) sie wächst mit der Intensität, aber lange bevor die Intensität erreicht ist, welche der direkten Besonnung entspricht, nimmt sie merklich ab und die Wirkung der Insolation muß als schädlich betrachtet werden; 3) die reduzierende Wirkung des Lichtes nimmt zu bis zur direkten Insolation,

bei weiterer Steigerung des Lichtes wird sie stationär; 4) sie nimmt nur bis zu einer bestimmten Intensität zu. Diese letztere zuerst von *Kreusler*<sup>1)</sup> aufgestellte Beziehung ist, wie gleich erwähnt werden soll, auch durch die Versuche des Verf. bestätigt worden.

Will man genau das Verhältniß der chemischen Wirkung in einer Pflanze zu der Lichtintensität messen, so müssen alle sonstigen Nebenwirkungen, wie die Erwärmung, Verdunstung und Austrocknung, möglichst vermieden werden. Dieses Ziel wurde erreicht durch möglichste Abkürzung der Zeit der Bestrahlung, und zwar mittelst folgender Versuchsanordnung: In eine dunkle Kammer wurde durch einen großen *Foucault'schen* Heliostaten und eine Linse ein Bündel divergirender Lichtstrahlen geleitet, und in den Lichtkegel wurden auf einer optischen Bank von 2 m Länge die Pflanzen so aufgestellt, daß die Lichtintensität, welche die einzelnen traf, ausgedrückt werden konnte durch die Zahlen 1,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{8}$ ,  $\frac{1}{16}$ ,  $\frac{1}{25}$  und  $\frac{1}{32}$  (die direkte Insolation war als Einheit genommen).

In einer ersten Versuchsreihe wurde eine Wasserpflanze nach und nach in den verschiedenen Abständen dem Lichtkegel exponirt; jede Exposition dauerte eine Minute, und das während dieser Zeit von der Pflanze entwickelte Gas wurde analysirt. In einer zweiten Versuchsreihe waren vier Glocken, welche das gleiche Gemisch von Luft und Kohlensäure nebst gleichen, derselben Spreite entnommenen Blattstückchen enthielten, über Quecksilber gestülpt und gleichzeitig an verschiedenen Punkten der optischen Bank der Lichtwirkung ausgesetzt; die Exposition dauerte 25 Minuten.

Beide zu verschiedenen Zeiten angestellte Versuchsreihen, bei denen die Gase nach verschiedenen Methoden analysirt wurden, an Pflanzen ausgeführt, welche verschiedene Medien bewohnen, haben vollkommen übereinstimmende Resultate ergeben, was dafür spricht, daß sie allgemeine Gültigkeit beanspruchen können. Trägt man die Lichtintensitäten auf die Abszissenachse auf und die Mengen zerlegter Kohlensäure als Ordinaten, so erhält man eine Kurve, welche zeigt, daß die Zersetzung der Kohlensäure mit wachsender Lichtintensität schnell wächst, dann immer langsamer, daß sie ein Maximum erreicht bei einer Lichtintensität, die etwa gleich ist  $\frac{1}{2}$  der direkten Insolation und dann definitiv stationär bleibt.

„Naturgemäß drängt sich die Frage auf, welches die Ursache dieses sonderbaren Verhältnisses der Lichtintensität zur Energie des physiologischen Vorganges in dem Blatte sei. Verfasser meint, dasselbe durch die optischen Eigenschaften des Chlorophylls erklären zu können. In einer besonderen Versuchsreihe, die er mit einem eigenen Apparate, einem «Phytoaktinometer» angestellt hat, hat er nämlich die Sonnenenergie gemessen, welche von dem Chlorophyll eines Blattes absorbiert wird, und fand, daß man diesen Theil auf etwa 20 bis 25% der direkten Strahlung schätzen kann. Andererseits ist festgestellt worden, daß das Maximum der von einem Blatte aufgespeicherten Sonnenenergie (d. h. in chemische Arbeit umgewandelter) niemals die Grenze von 5% übersteigt. Es ist klar, daß einer bestimmten Lichtintensität (etwa  $\frac{1}{4}$  oder  $\frac{1}{5}$  der direkten Bestrahlung) ein Punkt der Kurve entspricht, wo die Strahlung ganz in chemische Arbeit umgewandelt wird. Wird die Intensität geringer, dann fehlt die Strahlung und die Kurve sinkt

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. X. 1887. S. 408 u. Bd. XI. 1889. S. 113.

schnell ab, wobei die Energie der Zerlegung ziemlich proportional ist der Strahlungsintensität. Wenn hingegen die Strahlung im Ueberschuß zugegen ist, dann wird die Kurve der Abszissenachse ziemlich parallel.“

Diese Erklärung erscheint Verf. sehr plausibel; sie lehrt wiederum, daß man in den optischen Eigenschaften des Chlorophylls die Haupterklärung der Gesetze suchen muß, welche die Beziehung zwischen der Strahlung und der Kohlenstoff-assimilation durch die Pflanzen ausdrücken. — Die Versuchsergebnisse stehen nicht im Widerspruch mit den Befunden früherer Forscher, wenn man die Verschiedenheiten der Versuchsbedingungen entsprechend berücksichtigt.

**C. Timirtazeff.** Das Protophyllin in etiolirten Pflanzen. *Comptes rendus.* 1889. T. CIX. p. 414. — *Naturw. Rundschau.* 1889. Nr. 44. S. 567.

Durch Behandlung von Chlorophylllösung mit naszierendem Wasserstoff hat Verf. ein gelbes bis rothes Reduktionsprodukt, das „Protophyllin“, erhalten, das sich in der Luft zum grünen Chlorophyll oxydirt und spektroskopisch charakterisirt ist durch die verbreitete Bande II und das Fehlen der Chlorophyllbande I, die aber nach der Oxydation wieder auftritt. Er sprach die Vermuthung aus, daß dieses reduzierte Chlorophyll auch in lebenden Pflanzen vorkomme und sich dort zu Chlorophyll oxydire in derselben Weise, wie er dies außerhalb der Pflanze künstlich zu machen im Stande war. Neue Untersuchungen haben diese Vermuthung bestätigt.

Kotyledonen etiolirter Pflanzen wurden in einem kleinen Mörser zerrieben, der soviel Alkohol enthielt, daß dieser nach einer schnellen Filtration eine an beiden Enden durch Glasplatten verschlossene Röhre von 0,5 m Länge ganz füllte, und dann wurde die Flüssigkeit spektroskopisch untersucht. Die ersten Versuche waren zwar ermutigend, aber nicht zufriedenstellend. Das Spektrum zeigte nämlich alle Banden des Chlorophylls; aber die Bande II war schärfer als gewöhnlich; sie war gleich der Bande I, oder fast stärker als diese. Die Anwesenheit der Bande I deutete an, daß eine Oxydation des Chlorophylls bereits begonnen habe. Bei weiter gesteigerter Sorgfalt, als die Pflänzchen dauernd in absoluter Dunkelheit gehalten wurden, gelang es schließlich, aus den vergeilten Pflänzchen Lösungen zu erhalten, welche das reine Spektrum des Protophyllins gaben, ohne die geringste Spur der Bande I, die für das Chlorophyll charakteristisch ist. Verf. hält es danach für zweifellos, „daß es das Protophyllin ist, welches, sich am Licht oxydierend, das Chlorophyll im lebenden Organismus erzeugt“.

Daß die Koniferen auch in absoluter Dunkelheit ergrünen, glaubt Verf. vielleicht darauf zurückführen zu dürfen, daß die Anwesenheit des Terpentinöls die Oxydation des Protophyllins auch ohne Licht herbeiführen kann.

**E. H. Acton.** Die Assimilation des Kohlenstoffes durch grüne Pflanzen aus gewissen organischen Verbindungen. *Proceedings of the Royal Society.* 1889. Vol. XLVI. Nr. 280. p. 118. — *Naturw. Rundschau.* 1889. Nr. 46. S. 594.

Nachdem es *Fischer* und seinen Schülern gelungen ist, wirklichen Zucker durch Synthese künstlich darzustellen, und nachdem durch diese Arbeiten wie durch die Untersuchungen von *Kilian* und Anderen die Struktur der Dextrose und Levulose aufgeklärt worden ist, schien es angezeigt, neue Versuche über die

natürliche Synthese der Kohlehydrate durch die grünen Pflanzen auszuführen. Durch die Entdeckungen von *Böhm* und die späteren Untersuchungen von *A. Mayer* und von *Laurent* war bereits dargethan, daß grüne Blätter Stärke zu bilden vermögen, und zwar sowohl aus Glykose wie aus Saccharose, dann aus Mannit, Inulin und Glycerin; hingegen bildeten die im Dunkeln entstärkten Blätter grüner Pflanzen keine Stärke aus Lösungen von Raffinose, Inosit, Erythrit und anderen ähnlich konstruirten organischen Verbindungen.

Verf. bediente sich bei seinen neuen Versuchen einer anderen Methode als seine Vorgänger. Junge Pflanzen und Schößlinge wurden, während sie in Kulturflüssigkeiten standen, in einer Atmosphäre, welche ganz frei von Kohlensäure war, entstärkt; dann wurden sie in eine andere Portion derselben Kulturflüssigkeit gestellt, welcher eine bestimmte Menge einer Kohlenstoffverbindung zugesetzt war. Die Luft konnte durch die Glocken, unter denen die Versuchspflanzen sich befanden, frei zirkuliren, doch war hinreichend dafür gesorgt, daß weder die eintretende Luft Kohlensäure enthielt, noch die von den Pflanzen ausgeathmete Kohlensäure von den grünen Blättern assimiliert werden konnte. Die Kulturflüssigkeit enthielt in 100 gr destillirtem Wasser 0,10 gr  $MgCl_2$ , 0,025 gr  $FeSO_4$ , 0,15 gr  $KNO_3$ , 0,05 gr  $Ca_3(PO_4)_2$  und 0,05 gr  $CaSO_4$ . Die Kohlenstoffverbindungen, welche in den einzelnen Versuchen der Kulturflüssigkeit zugesetzt wurden, waren: Akrolein, Akroleinammoniak, Akrolein mit Natriumsulfit ( $NaHSO_3 \cdot C_3H_4O$ ), Allylalkohol, Glykose, essigsaurer Aldehyd, Aldehydammoniak, Glycerin, Levulinsäure und andere. Zu den Versuchen wurden verwendet Schößlinge (abgeschnittene Zweige) oder Keimpflanzen von *Acer pseudoplatanus*, *Ranunculus acris*, *Tilia europaea*, *Alisma Plantago*, *Phaseolus vulgaris*, *Ph. multiflorus*, *Cheiranthus Cheiri*, *Scrophularia aquatica*, *Quercus robur*, *Euphorbia helioscopia*, *Campanula glomerata*, *Epilobium hirsutum*, *Anacharis alinastrum*, *Sparganium natans*, *Chara vulgaris*, *Callitriche aquatica*, *Fontinalis antipyretica*. In der Regel wurde die *Sachs'sche* Methode der Stärkeprüfung angewendet. Die Resultate der Versuche wurden in folgender Uebersicht zusammengestellt:

Stärke wird gebildet, wenn die Verbindung den Schößlingen direkt oder durch die Wurzel zugeführt wird, bei Anwendung von Glykose, Saccharose, Glycerin und Inulin. Der gleiche Erfolg wird erzielt, wenn die Verbindung den Blättern direkt zugeführt wird, aber nicht, wenn die Zufuhr durch die Wurzeln erfolgt bei der Anwendung löslicher Stärke. Endlich wurde Stärke gebildet, wenn ein Auszug von natürlichem Humus den Wurzeln zugeführt wurde, aber nicht, wenn er direkt auf die Blätter einwirkte.

Keine Stärkebildung erfolgte bei Anwendung von Akrolein, Akroleinammoniak, Akroleinnatriumsulfit, Allylalkohol, Aldehyd, Aldehydammoniak, Dextrin, Glykogen, Levulinsäure, levulinsurem Kalk, künstlichen Humusstoffen.

Aus diesen Versuchsergebnissen folgert Verf., daß grüne Pflanzen normaler Weise den zur Assimilation nöthigen Kohlenstoff organischen Verbindungen nicht entnehmen können, außer den Kohlehydraten und einigen verwandten Verbindungen; daß eine Verbindung eine Kohlenstoffquelle sein kann, wenn sie den Blättern zugeführt wird, aber nicht, wenn sie von den Wurzeln aufgenommen wird, und umgekehrt; daß die grünen Pflanzen, weil sie normaler Weise ihren Kohlenstoff aus Kohlensäure entnehmen, zum großen Theil die Fähigkeit ein-

gebüßt haben, sich organischer Verbindungen als Kohlenstoffquelle zu bedienen; daß viele (vielleicht alle) grüne Pflanzen sich in Bezug auf Bildung und Nichtbildung von Stärke aus den angeführten Verbindungen gleich verhalten.

**W. Saposchnikoff.** Die Stärkebildung aus Zucker in Laubblättern. Ber. d. deutschen bot. Ges. 1889. Bd. VII. S. 258. — Naturw. Rundschau 1889. Nr. 43. S. 555.

Verf. hat die Stärkebildung aus Rohrzucker quantitativ nachgewiesen. Das Blatt (besonders geeignet waren *Astrapea Wallichii* und *Nicotiana Tabacum*) wurde längs des Hauptnervs in zwei Hälften geteilt; in der ersten Hälfte wurde die Menge der Kohlehydrate nach *Faulenbach's* Methode bestimmt, die andere wurde im Dunkeln einige Tage hindurch auf Rohrzuckerlösung gelegt und dann die Bestimmung der Kohlehydrate vorgenommen. Die alsbald festgestellte Zunahme der löslichen Kohlehydrate und der Stärke in der zweiten Hälfte ließen keinen Zweifel, daß eine Umwandlung des aufgenommenen Zuckers in Stärke vor sich gegangen war.

Während panachirte Blätter die Stärke aus Kohlensäure im Lichte nur in den Zellen erzeugen, welche Chlorophyll enthalten, bilden sie, auf Zuckerlösung gelegt, Stärke in gleichem Maße in grünen und farblosen Zellen. In einigen Fällen wird weder in diesen noch in jenen Stärke gebildet. Aus 5 prozentigem Glycerin und 6 prozentigem Mannit erzeugten die untersuchten panachirten Blätter niemals Stärke.

**E. Godlewski.** Ueber die tägliche Periodizität des Längenwachstums. Anzeiger d. Akad. d. Wissensch. zu Krakau. 1889. Nr. 6. — Naturw. Rundschau. 1889. Nr. 44. S. 562.

Eine von Temperatur und Feuchtigkeitsschwankungen unabhängige tägliche Periodizität des Längenwachstums ist mit Sicherheit zunächst von *J. Sachs* nachgewiesen. Aus einer langen Reihe seiner Messungen folgert genannter Forscher, „daß die Wachstumsgeschwindigkeit eines normalen, gesunden Stengels am frühen Morgen nach Sonnenaufgang täglich ein Maximum erreicht, daß dann die stündliche Verlängerung im Laufe des Tages bis zum Abend hin abnimmt, um mit eintretender Dunkelheit, oft schon vor Sonnenuntergang, wieder an Geschwindigkeit zuzunehmen, und diese Zunahme des Wachstums dauert bis nach Sonnenuntergang, wo wieder ein Maximum erreicht wird“. Dieses Resultat von *Sachs* wurde bald durch die Untersuchungen *Prantl's* auch auf die Blätter ausgedehnt. Diese tägliche Wachstumsperiode erklärte *Sachs* durch die das Wachstum retardirende Lichtwirkung. Da sich dieselbe während des Tages immer mehr geltend macht, so verlangsamt sich das Wachstum am Tage, bis es am Abend das Minimum erreicht; mit dem Eintritt der Dunkelheit dagegen verschwindet diese retardirende Lichtwirkung, das Wachstum wird wieder beschleunigt und erreicht sein Maximum kurz vor der Zeit, in welcher die nach Sonnenaufgang steigende Lichtintensität von Neuem ihre retardirende Wirkung geltend zu machen anfängt. Nun zeigte aber *Baranetzki*, daß auch in konstanter Finsterniß, selbst bei den etiolirten Pflanzen, periodisch wiederkehrende Schwankungen in der Wachstumsgeschwindigkeit vorkommen. Mit Berücksichtigung dieser Thatsache



nimmt *Sachs* an, daß in den wachsenden Pflanzentheilen gewisse Aenderungen ganz unabhängig von Temperatur- und Lichtschwankungen vorkommen, daß sie aber als schwächere Faktoren durch die wachstumsretardirende Lichtwirkung beim normalen Wechsel von Tag und Nacht derart beherrscht werden, daß die Wachstumsmaxima in die Morgen-, die Wachstumsminima in die Abendstunden verlegt werden.

Der Vortragende hat sich die Aufgabe gestellt, die nächsten Ursachen der täglichen Wachstumsperiode zu erforschen, nämlich festzustellen, ob dieser Periodizität entsprechende Schwankungen in der Dehnbarkeit der Zellhäute oder in der endosmotischen Wirkung des Zellsaftes zu Grunde liegen, oder ob vielleicht überhaupt nicht die Schwankungen in der Turgorausdehnung, z. B. Schwankungen in den chemischen Prozessen der Zellbildung, die tägliche Wachstumsperiode bedingen.

Als Untersuchungsmaterial wurden Epikotyle von *Phaseolus multiflorus* verwendet. Die Messungen wurden mit dem *Baraniecki'schen* Auxanometer ausgeführt. Bei der Ausführung der Versuche hat sich bald herausgestellt, daß das gewählte Objekt sich ganz entgegengesetzt den Pflanzen verhalte, mit welchen *Sachs* experimentirte. Am Tage war das Wachstum von Phaseolusepikotylen bedeutend größer als in der Nacht. Anstatt in den ersten Morgenstunden war das Wachstumsmaximum erst in späten Nachmittagsstunden, etwa um 6 oder 8 Uhr Abends erreicht; das Wachstumsminimum fiel dagegen auf die letzten Nachtstunden, manchmal erst nach Sonnenaufgang. Diesen Gang der Wachstumsperiode erläutert der Vortragende an mehreren graphisch dargestellten Kurven, welche auch zugleich die Unabhängigkeit der Periode von den geringen Temperaturschwankungen deutlich zu Tage treten lassen.

Aus diesem Verlaufe der täglichen Wachstumsperiode bei *Phaseolus* folgert der Vortragende, daß die wachstumsretardirende Lichtwirkung nicht immer die Ursache der täglichen Periodizität des Längenwachstums sein könne.

In konstanter Finsterniß verhielten sich die etiolirten Phaseolusepikotyle verschiedenartig. Die Pflanzen, welche der Vortragende aus den im Jahre 1887 geernteten Samen zog, zeigten immer eine sehr ausgeprägte Periodizität des Längenwachstums, nur waren die Perioden im Gegensatz zu den Lichtpflanzen von verschiedener und meist von kürzerer Dauer. Als sich der Vorrath der Samen von 1887 erschöpfte und zu weiteren Versuchen die Samen aus der Ernte 1888 benutzt wurden, ließ sich keine Periodizität bei dem Wachstum der etiolirten Pflanzen konstatiren. Wie diese Thatsache zu erklären ist, vermag der Vortragende nicht zu sagen.

Was die Ursache der Periodizität betrifft, so konnte der Vortragende bei seinen bisherigen Versuchen nicht konstatiren, daß zur Zeit der Wachstumsmaxima der täglichen Periode eine größere Turgorausdehnung der wachsenden Strecke, als zur Zeit der täglichen Wachstumsminima vorhanden wäre. Dagegen ist zu folgern, daß weder periodische Schwankungen in der Turgorkraft, noch periodische Aenderungen in der Dehnung der Zellhäute die Ursache der täglichen Periode des Längenwachstums sind; vielmehr ist anzunehmen, daß diese Periode durch eine gewisse Periodizität der chemischen Prozesse, welche bei der Zellhautbildung mitapielen, bedingt sein muß.

Der Vortragende berichtet weiter, daß die Ueberverlängerung der epikotylen Glieder bei den etiolirten Keimlingen keineswegs durch eine größere Turgorkraft in der Dunkelheit bedingt ist. Im Gegentheil bei Lichtpflanzen ist die Turgorkraft wachsender Zellen oft größer als bei etiolirten. Die Hauptursache der Ueberverlängerung ist in einer länger dauernden Dehnbarkeit der Zellhäute etiolirter Pflanzen zu suchen.

In Bezug auf die große Wachstumsperiode fand der Vortragende, daß das Wachstum eines Internodiums (hier der epikotylen Glieder) früher erlischt als seine Turgorausdehnung. Zur Zeit, als das Internodium schon vollkommen zu wachsen aufgehört hatte, betrug die Turgorausdehnung der höher liegenden Querzonen des Internodiums noch ungefähr 3% der ursprünglichen Länge, dagegen zeigten die weiter liegenden Querzonen schon keine Turgorausdehnung.

**H. S. Vines.** Ueber Epinastie und Hyponastie. *Annals of Botany.* Vol. III. 1889. Nr. 11. p. 415—437. — *Botan. Zentralblatt.* Von Uhlworm. Bd. XL. Nr. 10. S. 322.

Nach einer historischen Uebersicht der bis jetzt über Epinastie und Hyponastie erschienenen Abhandlungen beschreibt Verf. seine zahlreichen Versuche über diesen Gegenstand, deren Ergebnis folgendes ist: Epinastische und ebenso hyponastische Krümmungen werden weder durch geotropische noch durch heliotropische Einwirkungen hervorgerufen, sondern sind spontane Bewegungserscheinungen; ferner: dorsiventrale Organe besitzen keine negativ-geotropischen Eigenschaften, sondern ihre Bewegungen sind hyponastische und völlig unabhängig von der Gravitation.

Die Versuche wurden folgendermaßen angestellt: Zwei ungefähr 40 cm hohe Exemplare von *Helianthus annuus*, deren Blätter völlig horizontal standen, wurden verdunkelt und zwar das eine auf einem sich langsam drehenden Heliostaten, das andere auf einer feststehenden Unterlage. Nach Verlauf von 24 Stunden waren sämtliche noch im Wachstum befindlichen Blätter der beiden Exemplare abwärts gekrümmt, während die bereits ausgewachsenen Blätter ihre Stellung nicht verändert hatten. Die Blätter waren dabei völlig turgeszent und schnellten, wenn man sie emporhob, sofort in ihre Lage zurück, so daß diese Stellung nicht durch Wasserverlust derselben hervorgerufen werden können. Auch zeigten die Blätter ganz das nämliche Verhalten, wenn man die Pflanzen in umgekehrter Stellung 24 Stunden im Dunkeln verharren ließ, ein weiterer Beweis, außer dem durch den Versuch mit dem Klinostaten erbrachten, daß von geotropischer Einwirkung hier keine Rede sein kann. Die nämlichen Resultate erlangte Verf. bei *Helianthus dentatus*, *H. tuberosus*, *H. pubescens*, *Dahlia variabilis*, *Fuchsia serratifolia*, *Urtica urens*, *Impatiens parviflora*, *Polygonum Convolvulus* und *Sida Napæa*. Alle erwähnten Pflanzen zeigten unter den beschriebenen Umständen deutlich epinastische Krümmungen. Recht auffallend war diese Erscheinung noch bei Versuchen mit *Primula officinalis*, *Vicia Faba*, *Cucurbita Pepo* und *C. ovifera*-Keimlingen, so daß Verf. glaubt, hierdurch die *Detmer'sche* photo-epinastische Theorie widerlegt zu haben.

Was die hyponastischen Krümmungserscheinungen betrifft, so konnten dieselben, unter Beibehaltung der beschriebenen Versuchsanstellung, sehr deutlich

bei *Plantago media* und *Taraxacum Dens Leonis* nachgewiesen werden. Bei beiden Pflanzen zeigten die jungen und jüngsten Blätter nach 72 stündigem Verweilen im Dunkeln hyponastische Krümmungen, während die älteren epinastisch gekrümmt sich erwiesen. Dieselben Erfolge konnte Verf. bei *Chenopodium*, Kohlpflanzen, *Polygonum aviculare*, *Stellaria* und *Linum usitatissimum* aufweisen. Ein Versuch mit *Marchantia*-Exemplaren mußte etwas modifizirt und wegen der Länge der Versuchsdauer im Lichte angestellt werden. Die Pflanzen wurden in ein dunkles Zimmer gebracht und durch ein kleines Seitenfenster von vorn Licht auf dieselben fallen gelassen, welches ein hinter den Pflanzen angebrachter Spiegel wieder zurückwarf; unter denselben Belenchtungsverhältnissen befand sich das auf dem Klinostaten angebrachte Exemplar. Der Versuch dauerte 10 Tage. Nach Verlauf von 72 Stunden fingen die Ränder einiger Pflanzen an, sich nach oben zu krümmen, und am Ende der Versuchszeit hatte der Thallus sämtlicher Exemplare diese Stellung in der deutlichsten Weise angenommen. Verf. ist der Meinung, daß durch die angegebene Versuchsanstellung auch hier heliotropische Einflüsse keine Rolle hätten spielen können. Wenn auch die Zahl der angewandten Versuchspflanzen noch eine geringe ist, so gehören sie doch den verschiedensten Pflanzengruppen an, und Verf. glaubt daher zu den Eingangs erwähnten allgemein gehaltenen Resultaten berechtigt zu sein. Nächstes Frühjahr gedenkt er die Versuche in größerem Umfange fortzusetzen.

**H. Molisch.** Ueber den Durchgang der Gase durch die Pflanzen. Botanisches Zentralblatt. Bd. XXXIX. Nr. 8. (1889.) S. 214.

1) Die vegetabilische Zellhaut läßt unter Druck stehende Gase nicht filtriren, weder im lebendem, noch im todtten, weder im trockenem, noch im wasserdurchtränkten Zustande.

2) Ebenso verhalten sich Protoplasma und der wässerige Zellinhalt, so daß durch lückenlose Gewebe Luft nicht filtriren kann.

3) Von Zelle zu Zelle erfolgt die Gasbewegung nur auf dem Wege der Diffusion in den mit Interzellularen durchsetzten Geweben, außerdem durch die Interzellularen.

4) Jede Zellhaut läßt ein bestimmtes Gas desto rascher diffundiren, je reichlicher sie mit Wasser imbibirt ist.

5) Die unverholzte und unverkorkte Zellhaut läßt in trockenem Zustande Gase nicht diffundiren, hingegen treten Gase auf dialytischem Wege durch.

6) Kohlensäure diffundirt durch die vegetabilische Membran rascher als Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff.

7) Die Geschwindigkeit dieser Diffusion hängt von dem Absorptionskoeffizienten und der Dichte des Gases ab.

8) Die Kohlensäure diffundirt aus Pflanzenzellen rascher in die Luft als in's Wasser. Dasselbe ist für alle übrigen Gase anzunehmen.

9) Die Periderme sind hygroscopischer und imbibitionsfähiger, als bisher angenommen wurde. Sie nehmen auf:

gasförmiges Wasser . . . . . 7,2 bis 36,3 %,

Imbibitionswasser . . . . . 13,8 „ 14,0 „ .

Gewöhnlicher, lentizellenfreier Kork nimmt bis 8,61 Proz. hygroscopisches und bis 29,5 Proz. flüssiges Wasser durch Imbibition auf.

**H. Devaux.** Ueber den Mechanismus des Gasaustausches bei den submersen Wasserpflanzen. Ann. des Sc. nat. Botanique. 1889. Sér. 8. T. IX. p. 35. — Naturw. Rundschau. 1889. Nr. 43. S. 550.

Zum Studium des Gasaustausches hat man sich bisher meist der Landpflanzen bedient; der Umstand, daß die Wasserpflanzen größere Einfachheit in ihrer Organisation und ihren allgemeinen Funktionen zeigen, veranlaßte den Verfasser, sie zur Anstellung der eingehenden Untersuchungen zu benutzen, welche in der vorliegenden Abhandlung ausführlich dargestellt sind.

Während die verwandten Luftpflanzen zahlreiche und sehr entwickelte Gefäße haben, sind letztere bei den Wasserpflanzen sehr reduziert und wenig zahlreich. Die Epidermis besitzt nur eine sehr schwache oder gar keine Cuticula; die Spaltöffnungen fehlen gewöhnlich oder sind selten und ohne Nutzen für die Pflanze. Das Blatt reduziert sich zuweilen außerhalb des Mittelnervs auf seine beiden Epidermen; in den meisten Fällen aber findet sich zwischen diesen ein lockeres Zellgewebe mit zahlreichen Hohlräumen, die nicht nur innerhalb der Blätter, sondern in der ganzen Pflanze mit einander kommunizieren. Auf die Weise geschieht es, daß fast alle Zellen wenigstens auf einem Theil ihrer Oberfläche mit einer Gasatmosphäre in Berührung stehen, so daß diese Pflanzen in den inneren Theilen hinsichtlich des Gasaustausches wenig von den Luftpflanzen verschieden sind. Nur die Epidermiszellen befinden sich in Berührung mit dem Wasser, aber auch diese Berührung ist keine direkte, sofern nach *Merget's* Versuchen<sup>1)</sup> die Oberfläche der Wasserpflanzen von einer dünnen Luftschicht umgeben ist.

Die früheren Forscher benutzten zur Untersuchung der Diffusion der Gase durch die Pflanze theils zu dicke Schichten (z. B. ganze Blätter), theils verletzten sie die Pflanzen, um dünnere Membranen zu bekommen. Verf. bediente sich bei seinen Versuchen lebender Pflanzen, und ließ dabei die Gase den Weg nehmen, welchen sie unter normalen Verhältnissen einschlagen müssen, um in die Interzellularräume hinein und heraus zu gelangen. Zu diesem Zwecke wurde die Schnittfläche der Pflanze durch Gelatine, welche die Pflanze in der oberen Hälfte eines umgekehrten Glasrichters umgab, von der Luft abgesperrt. Der abgeschnittene Theil der Pflanze ragt hierbei über die Gelatineschicht hinaus in die Trichterröhre. Bei Anstellung eines Versuchs wird eine auf das Trichterrohr luftdicht aufgesetzte und gekrümmte Röhre mit einer Quecksilberpumpe verbunden. Da der ganze Innenraum der (nach unten hängenden) Pflanze sehr klein ist im Verhältniß zum Volumen des Körpers der Pumpe, so wird erstere sehr schnell von Luft entleert. Wenn man genug Gas aufgesammelt hat, so wird dasselbe der Analyse unterworfen.

Es zeigt sich bei diesen Versuchen, daß der Sauerstoff schneller durch die Pflanzenwände diffundirt als der Stickstoff. Die in Wasser getauchte Pflanze unterliegt von Seiten der gelösten Luft demselben Gasdruck wie die in freier Luft befindliche (s. u.). Indessen wird vornehmlich durch die Respiration das Ergebnis beeinträchtigt. Versuche, die an *Ceratophyllum*, *Stratiotes*, *Elodea* theils

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. II. 1879. S. 232.

in Wasser, theils in freier Luft angestellt wurden, ergaben beträchtliche Schwankungen in dem prozentischen Verhältniß des Sauerstoffs und der Kohlensäure, während der Stickstoff immer ziemlich in gleicher Menge auftritt; im Mittel bildet er 69,17% des Gasgemisches.

*Exner* hat bei seinen Versuchen über die Diffusion durch sehr dünne Wasserschichten gefunden, daß die Geschwindigkeit der Diffusion proportional ist der Löslichkeit des Gases in der Wasserschicht und umgekehrt proportional der Quadratwurzel aus der Dichtigkeit des Gases. Man kann auf Grund dieses Gesetzes die Zusammensetzung der Luft berechnen, welche durch eine Flüssigkeitsschicht in den leeren Raum diffundirt. Diese Berechnung würde 32,4% Sauerstoff und 67,6% Stickstoff ergeben. Letztere Zahl nähert sich auffällig der bei obigen Experimenten gefundenen (69,17). Die Differenz beträgt nur 1,5%, während sie 3% überschreiten würde, wenn man die berechnete Zahl mit der experimentell beim Diffundirenlassen von Luft durch eine Cuticula erhaltenen vergliche. Es ist daher sehr wahrscheinlich, „daß die Diffusion durch die Zellwände der Pflanze sehr analog ist derjenigen, welche sich durch eine ruhige Flüssigkeitsschicht vollzieht“. Dies erklärt sich durch den großen Wassergehalt der Zellwand. Verf. stellte außerdem durch Versuche, bei denen er Luft durch starke, mit 5-prozentiger Gelatinelösung getränkte Leinwand streichen ließ, fest, daß eine künstliche Scheidewand, welche Wasser in demselben Verhältniß wie die Zellwand der Wasserpflanzen enthält, ein ganz ähnliches Verhalten zeigt.

„Die innere Atmosphäre der submersen Wasserpflanzen ist eine verzweigte Luftblase, umgeben von einer ununterbrochenen Wandung, welche für Gase durchlässig, aber starr ist, d. h. ein unveränderliches Volumen begrenzt.“ In Folge der Durchlässigkeit der Membran ist der Druck innerhalb und außerhalb ziemlich derselbe. Die innere Atmosphäre folgt nicht dem Drucke des umgebenden Wassers, sondern dem der aufgelösten Gase. Dieser Druck ist aber, wie Verf. in längerer theoretischer Betrachtung darlegt, in allen Tiefen des Wassers derselbe wie in der freien Luft. „Ein Liter Wasser aus einer beliebigen Tiefe genommen und an die Oberfläche gebracht, würde sich hinsichtlich der aufgelösten Gase im Gleichgewicht mit der Außenluft befinden. Man begreift die Wichtigkeit dieser Thatsache für die Lebensbedingungen der Thiere und Pflanzen, welche einzig und allein die in Wasser gelösten Gase athmen.“

Eine Abnahme des innerhalb der Pflanze herrschenden Druckes hat eine Injektion der Hohlräume mit Wasser zur Folge, während einer Zunahme des Druckes eine Entwicklung von Luftblasen aus der Schnittfläche und anderen Oeffnungen der Pflanze entspricht. Will man den Druck der im umgebenden Wasser gelösten Gase plötzlich vermindern, so taucht man die Pflanze in Selterwasser, bis man annehmen kann, daß ihre ganze Innenatmosphäre aus Kohlensäure besteht; darauf fügt man eine verdünnte Kalilösung hinzu, welche den äußeren Gasdruck aufhebt. Man sieht alsdann die Pflanze sich sehr schnell und vollständig injizieren; dünne Blätter, die man unter dem Mikroskop beobachtet, werden dabei völlig durchscheinend. Nimmt man statt des Kalis ausgekochtes Wasser, so ist das Ergebnis viel weniger schnell und oft sehr unvollständig; das Protoplasma scheint dem Eindringen des Wassers und der Injektion der Hohlräume einen Widerstand entgegenzusetzen, der es sogar in der oben geschilderten

Weise ermöglicht, die Pflanze luftleer zu machen, ohne daß sie sich mit Wasser injiziert. Das Kali scheint die Injektion nur dadurch herbeizuführen, daß es das Protoplasma tötet. Eine vollständige Injektion der Pflanze war ohne Beschädigung oder gar Tötung der Pflanze nicht zu erzielen. Wird aus irgend einer Ursache der Luftdruck in den Hohlräumen zu groß, so sieht man häufig nicht nur an der Schnittfläche, sondern auch an irgend einer anderen Stelle der Pflanze eine ununterbrochene Reihe von Luftblasen hervorperlen. Dieser Vorgang ist, obgleich sehr häufig, doch nur zufällig. Die Art des Austritts der Luftblasen ist immer ein Riß, eine Verletzung der Membran. Die Verletzung kann von kleinen Würmern, Mollusken und Insektenlarven herrühren. Die Spaltöffnungen sind dagegen zu klein, um Luftblasen hindurchtreten zu lassen. Indessen giebt es noch eine zweite Art von Luftblasen, welche unregelmäßig an der Oberfläche der Pflanze verstreut entstehen; dieselben stammen von der die Pflanze umgebenden Luftschicht her, welche sich auf Kosten der im Wasser gelösten Gase vergrößert. Die Luft hat unter Umständen in beiden Arten von Luftblasen eine verschiedene Zusammensetzung. Bei Versuchen mit *Elodea* im Dunkeln, wobei im umgebenden Wasser durch Erwärmen Uebersättigung erzielt wurde, zeigte sich die aus der Schnittfläche austretende Luft folgendermaßen zusammengesetzt:  $\text{CO}_2$  2,14%;  $\text{O}$  18,86%;  $\text{N}$  79,40%. Dagegen enthielt die von der Oberfläche der Blätter und Zweige gesammelte Luft:  $\text{CO}_2$  0,89%;  $\text{O}$  23,08%;  $\text{N}$  76,23%. Diese Verschiedenheit wird hauptsächlich durch den Athmungsprozeß verursacht. Sie liefert zugleich einen Beweis, daß die an der Oberfläche der submersen Pflanzen vorhandene Luftschicht aus dem äußeren Wasser und nicht aus dem Innern der Pflanze stammt.

Wenn man nun aber zur Erhöhung des Gasdruckes in der Pflanze Wasser benutzt, welches einen weniger hohen Druckunterschied zeigt, und weniger hohe Temperatur (Wasserleitungswasser), so stellt sich das merkwürdige Ergebnis heraus, daß die Luftblasen von beiderlei Art ganz gleich zusammengesetzt sind, nämlich durchschnittlich 19%  $\text{O}$  und 80%  $\text{N}$  enthalten. Daraus ergeben sich folgende Schlüsse: 1) Unter gewöhnlichen Umständen und im Dunkeln besteht die innere Atmosphäre der submersen Pflanzen aus fast reiner Luft, wenn das Wasser gehörig gelüftet ist. 2) Diese Uebereinstimmung in der Zusammensetzung mit der freien Luft rührt davon her, daß die Athmung in hohem Grade kompensirt wird durch den mit den Gasen des umgebenden Wassers stattfindenden Diffusionsaustausch.

Bei Einwirkung des Lichtes wird in Folge der Assimilation die Menge des Sauerstoffes größer. Indem das Licht in der Pflanze die leicht diffundirende  $\text{CO}_2$  in schwerer diffundirenden  $\text{O}$  umwandelt, bewirkt es eine Erhöhung des inneren Druckes. Ist eine Oeffnung in der Membran vorhanden, so fegt der produzierte  $\text{O}$  unaufhörlich den  $\text{N}$  und die  $\text{CO}_2$  aus den Hohlräumen, was ein beständiges und schnelles Nachdringen der im Wasser gelösten Gase der gleichen Art zur Folge hat. Hieraus geht hervor, daß die Pflanze in gewöhnlichem Wasser niemals reinen Sauerstoff entwickeln wird.

In der Natur schwankt die Sättigung des Wassers in Folge mannigfacher Einwirkungen fortwährend um die Normale; sie nähert sich letzterer um so mehr, je bewegter das Wasser ist. Es geht daraus hervor, daß auch die Atmosphäre der Hohlräume beständige Druckschwankungen erleidet. Diese Variationen sind

positiv während des Tages in Folge von zwei Ursachen: der Uebersättigung des Wassers (in Folge der Erwärmung) und der Entwicklung von Sauerstoff; sie sind negativ während der Nacht, wo diese beiden Ursachen aufhören wirksam zu sein. Jedoch geschieht es zuweilen, daß der Druck im Anfange der Nacht positiv ist in Folge eines Uebermaßes der Tag über eingetretenen Sättigung. Aehnliche, aber ausgedehntere Variationen treten in einzelnen Jahreszeiten auf. In Folge dieser Verhältnisse sind die Pflanzen in den Nächten und im Beginn des Winters geneigt, sich mit Wasser zu injizieren, während am Tage und im Frühlinge der entgegengesetzte Einfluß eine mehr oder weniger reichliche Entwicklung von Luftblasen hervorruft.

Von den höheren submersen Pflanzen weichen die Algen wesentlich dadurch ab, daß sie keine Hohlräume besitzen. Den Anschauungen, welche Verf. über den Gasaustausch bei diesen Pflanzen entwickelt, können wir hier nicht weiter folgen. Das Auf- und Absteigen vieler Algen im Wasser wird durch die Entwicklung von Luftblasen hervorgerufen, welche sich bei eintretender Uebersättigung des Wassers auf Kosten der die Algen umhüllenden Luftschicht bilden und die Algen in die Höhe tragen, um dann zu platzen.

Um den Vorgang des Gasaustausches zwischen der einzelnen Zelle und dem sie umgebenden Medium kennen zu lernen, werfen wir einen Blick auf submerse Gewächse. Wenn man ein Blatt von Potamogeton, Elodea u. s. w. mit schwacher Vergrößerung betrachtet, so sieht man ein Netz von luftführenden Hohlräumen, welche sich als schwarze, anastomosirende Linien darstellen. Sie erstrecken sich über die ganze Ausdehnung des Blattes von der Peripherie bis zum Mittelnerven und stehen mit den im Allgemeinen weiteren Kanälen des Stengels in Verbindung. Sie erstrecken sich bis nahe an den Vegetationspunkt des Stengels und der Wurzel. Die Gase können also mit Leichtigkeit bis in die äußersten Enden der Pflanze gelangen. Da die der Interzellularräume entbehrende Rinde nur aus wenigen Zellschichten besteht, so ist auch bei der Zartheit der Zellwände ein leichter Durchgang in transversaler Richtung gesichert; und da die elastischen Kräfte der Gase außen und im Innern der Pflanze fast gleich sind, so müssen auch die Gasdrücke in den zwischenliegenden Zellen beinahe dieselben sein wie im umgebenden Wasser, also, wenn dies gehörig gelüftet ist, wie in freier Luft. „Die innerste Atmosphäre eines lebenden Theilchens ist Luft, in welcher jedes Gas fast dieselbe elastische Kraft besitzt wie in der Atmosphäre, in der wir athmen.“

Die wichtigsten Schlüsse, zu denen Verf. bezüglich des Gaswechsels der einzelnen Zelle gelangt, sind folgende:

1) Alle lebenden Zellen der submersen Gewächse empfangen die Gase fast, als wenn sie in durchlüftetes Wasser getaucht wären. 2) Die Gase dringen in die Zelle ein, indem sie Eigendrucke bewahren, die wenig verschieden sind von denen in der freien Luft, wenigstens so lange die Pflanze sich in durchlüftetem Wasser und in Dunkelheit befindet. 3) Die Druckschwankungen, welche in der Zelle durch die auf Athmung und Assimilation beruhende chemische Umwandlung hervorgerufen werden, sind ungefähr 30mal stärker für Sauerstoff als für Kohlensäure. 4) Die Gase der Respiration oder der Assimilation wandern zuerst in das Innere der Zelle, dann in die Hohlräume, im umgekehrten Verhältniß der Quadratwurzel der Dichtigkeiten.

**J. Boehm.** Ursache des Saftsteigens. Berichte der deutsch. bot. Ges. Bd. VII. Generalversammlungsheft. S. 46–56.

Zunächst erörtert Verf. die Versuche, zu Folge denen das Saftsteigen vorzüglich in den Gefäßen erfolgt, speziell für die Nadelhölzer, bei denen der Einwand, daß sie gefäßlos seien, nicht zutrefte, weil sich bei allen Koniferen Tracheidenstränge befinden, deren übereinanderstehende Glieder wie bei den Gefäßen der Angiospermen in offener Verbindung stehen und als kontinuierliche Röhren die ganze Pflanze durchziehen. Was nun aber die schwierigere Frage betrifft, durch welche Kräfte das Wasser von den Wurzeln aufgenommen und in dem bisweilen über 100 m hohen Stamme bis in die transpirirenden Blätter gehoben wird, so könnten folgende Kräfte in Betracht kommen: der endosmotische Druck, Luftdruckdifferenzen und Kapillarität.

**1. Endosmose.** „Wie weit auch die Meinungen über die Ursache des Saftsteigens im Laufe der Zeiten auseinandergingen, dardber, daß die Wasseraufnahme der Wurzeln nur durch endosmotische Saugung bedingt sei, besteht seit *Dutrochet* nicht der mindeste Zweifel. Diffusions- und besonders osmotische Bewegungen erfolgen aber außerordentlich langsam, und der Annahme, daß von den Wurzeln immer genau oder doch fast genau soviel Wasser endosmotisch aufgesaugt werde, als durch die (oft weit entfernten) Blätter je nach den äußeren Verhältnissen transpirirt wird, wird wohl kein Physiker zustimmen. Wäre die Wasseraufnahme transpirirender Pflanzen durch endosmotische Saugung bedingt, so müßten, nachdem die Wurzeln in kochendem Wasser getödtet wurden, die Blätter nach dem Verdunsten des disponiblen Reservewassers sofort vertrocknen, und eine hochprozentige Salpeterlösung und spezifische Gifte könnten auch von intakt gebliebenen Wurzeln nicht aufgesaugt werden. Beides ist jedoch nicht der Fall. Endosmotische Saugung ist weder bei der Wasseraufnahme durch die Wurzeln noch bei der Saftleitung im Stamme und in den transpirirenden Blättern theilhaftig.“

**2. Luftdruck.** Von verschiedenen Beobachtungen ausgehend, war Verf. früher der Ansicht, daß die Wasserbewegung in transpirirenden Pflanzen durch Luftdruckdifferenzen bewirkt werde. „Die Tension der Luft in den Zellen und Gefäßen des saftleitenden Holzes ist beständigen Schwankungen unterworfen. Damit durch Luftdruckdifferenzen jedoch das Saftsteigen bewirkt werden könnte, müßten diese Schwankungen, da das Saftsteigen bisweilen ungemein rasch erfolgt, nicht nur sehr bedeutend sein, sondern auch mit derselben Regelmäßigkeit wechseln, wie im Stiefel einer ziemlich rasch arbeitenden Pumpe, was selbstverständlich unmöglich ist. Daß in Folge der thatsächlichen Druckdifferenzen im Splinte Wasserverschiebungen stattfinden, ist selbstverständlich; die Wasseraufsaugung durch die Wurzeln und das Saftsteigen müssen aber, wenigstens theilweise, durch eine andere Ursache bedingt sein.“

**3. Kapillarität.** Verf. beschreibt hier mehrere Versuche. So wurden an gewogenen Pflanzen, aus Stecklingen der Bruchweide gezogen, die Wurzeln in kochendem Wasser getödtet und dann nur mit ihren Spitzen in Wasser getaucht. Die Luft in den Kulturgefäßen befand sich theils unter gewöhnlichem Drucke, theils wurde sie mittelst der Pumpe fast bis zur Tension des Wasserdampfs verdünnt. Durch das Töden der Wurzeln wurde zunächst gegenüber unversehrten



Pflanzen weder bei gewöhnlichem Drucke, noch nach der Luftverdünnung die Transpiration wesentlich vermindert. „Würde die Wasseraufnahme durch endosmotische Saugung und das Saftsteigen durch Luftdruck bewirkt werden, so könnte bei den beschriebenen Versuchen selbst nur ein theilweiser Ersatz des transpirirten Wassers nicht stattfinden. Die Wasserbewegung in transpirirenden Pflanzen kann daher nur durch Kapillarität bewirkt werden.“ Befinden sich die unteren Enden der Pflanzen in luftfreiem Wasser und sind die unteren Pflanzenhälften luftfrei gekocht, so steigt das Quecksilber in der am Gefäß befindlichen Manometerröhre bis zur jeweiligen Barometerhöhe, oberhalb entsteht ein *Torricelli'scher* Raum, der sich vergrößert, da die Pflanze zu transpiriren fortfährt. „Durch diesen Versuch wird gleichzeitig und zwar ad oculos demonstrirt, daß bei transpirirenden Pflanzen die Wasseraufnahme sowohl als das Saftsteigen nicht durch Endosmose und nicht durch Luftdruckdifferenzen, sondern durch Kapillarität bewirkt wird.“

„In die Blätter wird das Wasser selbstverständlich ebenfalls in den Gefäßen geleitet, und aus diesen wird dasselbe von den direkt verdunstenden Zellen mittelbar oder unmittelbar durch einfache Saugung geschöpft.“

„In vorstehender Abhandlung ist die Frage nach der Ursache der Wasserbewegung in transpirirenden Pflanzen endgültig beantwortet. Die Wasseraufsaugung durch die Wurzeln und das Saftsteigen werden durch Kapillarität, die Wasserversorgung des Blattparenchyms wird durch den Luftdruck bewirkt.“

C. K.

**Th. Bokorny.** Ueber den Ort der Wasserleitung in den Pflanzen. Biologisches Zentralblatt. 1889. Bd. IX. Nr. 10. — Naturw. Rundschau. 1889. Nr. 46. S. 591.

Verf. hat die viel umstrittene Frage auf's Neue geprüft. Zum Nachweis des Wasserstromes in den Pflanzen ließ er eine wässerige Lösung von kristallisirtem Eisenvitriol (1 pro mille) von der transpirirenden Pflanze aufsaugen. Der Eisenvitriol erfüllt die drei nothwendigen Bedingungen: 1) an keiner Stelle in der Pflanze festgehalten zu werden; 2) die lebenden Zellen nicht zu schädigen, und 3) leicht in loco nachweisbar zu sein. Zum Nachweise des Eisens wurde Ferricyankalium benutzt.

Stellt man unter Wasser abgeschnittene Blätter von *Pelargonium zonale* in Eisenvitriollösung, so zeigt sich bei Sonnenschein das Salz schon nach  $\frac{1}{2}$  Stunde im ganzen 6 bis 12 cm langen Blattstiel; Querschnitte durch den Stiel in verschiedenen Höhen geben mit Ferricyankalium Blaufärbung an bestimmten Stellen. Am stärksten tritt letztere an den Wandungen der Epidermiszellen und der zunächst darunter liegenden Kollenchymschicht ein, schwächer in dem den Gefäßbündelkreis umschließenden Sklerenchymring und den Gefäßbündeln selbst; das Mark und das zwischen Epidermis und Sklerenchym liegende Rindenparenchym sind frei davon.

Es geht hieraus hervor, daß Epidermis und Kollenchym als Wasserleitungsgewebe dienen können, und daß die Lösung in der Membran derselben emporsteigt, wie es auch bei lebenden Zellen nicht anders denkbar wäre. Daß die Lebensthätigkeit der Zellen nicht durch die Eisenvitriollösung beeinträchtigt wurde,

ging daraus hervor, daß das Plasma derselben normale Plasmolyse ergab, als Verf. starke Salzlösungen darauf wirken ließ.

Durch die vorliegenden Versuche erhält die *Sachs'sche* Imbibitionstheorie, nach welcher das Wasser in den Zellwandungen emporsteigt, eine Stütze. Zwischen Verholzung der Wände und Wasserleitungsfähigkeit scheint nach des Verf. Beobachtungen kein direkter Zusammenhang zu bestehen, wie von *Sachs* vermuthet wurde, denn Epidermis- und Kollenchymwandungen geben keine Verholzungsreaktion und leiten doch.

An Topfexemplaren von *Canna indica*, die mit den Wurzeln in Eisenlösung gesetzt werden, kann man leicht den Weg des ganzen Saftstromes verfolgen. Nach 12 Stunden hat man folgenden Befund: In den Wurzelspitzen findet man das Eisen in sämtlichen Geweben, Epidermis, Rindengewebe und zentralem Gefäßbündel vor. Schon eine kurze Strecke weiter oben findet sich das Eisen nur noch im zentralen Gefäßbündel vor und zwar im Basttheil mehr als im Gefäßtheil; die Gefäßwandungen scheinen frei von Eisen zu sein. In der Knolle, von der die Wurzeln größtentheils entspringen, zeigen die Basttheile der zerstreuten Gefäßbündel Blaufärbung mit Ferricyankalium; ebenso in dem daraus entspringenden Stengel mit seinen großen, im jugendlichen Zustand tutenförmig gerollten Blättern. Von den Blattstielen ergeben nur die der entfalteten Blätter Blaufärbung, „ein Zeichen, wie der Eisengehalt hier wirklich den Gang des Transpirationsstromes anzeigt, da ja die eingerollten, noch zum großen Theil versteckten Blätter nicht transpiriren“. Die Blaufärbung in den Blattstielen erstreckt sich auf den Basttheil der Gefäßbündel und auf die unter der Epidermis verlaufenden Sklerenchymbündel, welche das Eisen deutlich in den Wandungen enthielten. Es sind hiermit u. A. „die Sklerenchymstränge als Leitungsbahnen für Wasser direkt nachgewiesen, womit eine von *Sachs* auf Grund theoretischer Erwägungen ausgesprochene Vermuthung experimentelle Bestätigung gefunden hat“.

Durch Versuche an Zweigen der Lärche (*Larix europaea*) wurde die von *Hartig* und *Wieler* gemachte Angabe, daß nur die jüngeren Holzlagen als Wasserleitungswege dienen, bestätigt. Im Gegensatz zu *Hartig*<sup>1)</sup> behauptet jedoch Verf., daß das Wasser nicht im Lumen, sondern in der Wandung der Holzfasern emporsteigt, wie es *Sachs* annimmt. Bei den Versuchen zeigten sich nämlich immer die Wandungen der Holzelemente als der ausschließliche Sitz des Eisens.

Versuche mit Ahornzweigen (*Acer platanoides*) lehrten, daß die Eisenlösung nur im Holzkörper emporstieg; Rinde, Bast und Mark waren völlig frei von Eisen.

Im Allgemeinen zieht Verf. aus seinen Untersuchungen den Schluß, daß es vor Allem die Gefäßbündel seien, welche das Wasser leiten; außerdem wurde bei einigen Pflanzen das Kollenchym und das Sklerenchym als leitendes Gewebe erkannt; in den Gefäßbündeln leite gewöhnlich der Holzkörper, bisweilen aber auch der dünnwandige Bast; von den Bestandtheilen der leitenden Zellen schein die Wandung als Bahn für den Transpirationsstrom sehr in Betracht zu kommen.

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. VI. 1888. S. 135—138.

**L. Kolderup-Rosenvinge.** Der Einfluß äußerer Faktoren auf die polare und dorsiventrale Organisation der Pflanze. *Revue générale de botanique*. T. I. Nr. 2—5. 1889. — *Botan. Zeitung*. 1889. S. 749.

Die Aufgabe des Verf. war, zunächst zu prüfen, in wie weit äußere Faktoren den polaren Gegensatz zwischen Spitze und Basis der Organe (Vertizibasalität) induzieren können. Bei den höheren, sowie bei den allermeisten niederen Pflanzen ist die Vertizibasalität im Voraus gegeben (bestimmt durch die Orientirung der Eizelle u. s. w.); die Untersuchung kann hier eigentlich nur zeigen, ob die einmal gegebene Richtung der Vertizibasalität sich umkehren läßt. Wenn deshalb *Vöchting* als eines der Resultate seiner umfassenden, wichtigen Untersuchungen<sup>1)</sup> ausspricht, daß die Vertizibasalität sich auffassen läßt als „das Produkt der durch zahllose Generationen fortgesetzten Wirkung von Schwerkraft und Licht“, so kann die Richtigkeit dieser Auffassung natürlich nicht bewiesen werden. Mehr oder weniger wahrscheinlich kann sie aber gemacht werden, und dieses namentlich durch Studium über geeignete niedrigere Pflanzen, wo — falls die *Vöchting'sche* Auffassung richtig ist — die Hervorrufung der Vertizibasalität (resp. deren Umkehrung) durch äußere Faktoren besonders zu erwarten ist. In neuerer Zeit sind nun mehrere Untersuchungen (von *Stahl*, *Leitgeb*, *Kny*, *Noll* u. A.) publizirt worden, die in dieser Beziehung Bedeutung haben, und im Anschluß an diese Arbeiten theilt Verf. seine mit *Fucaceen* und einzelnen anderen Algen ausgeführten Keimungsversuche mit. Die Beschreibung dieser in den Jahren 1884—1885 an den Küsten Norwegens und Frankreichs angestellten Versuche bildet den ersten Theil der Arbeit.

Die Eizellen der *Fucaceen* sind besonders günstige Objekte für derartige Untersuchungen, ihre Kultur bietet keine Schwierigkeit, ihre Größe ist relativ bedeutend und ihre Form sehr passend; bei der Befruchtung sind sie vollkommen kugelig. Sie keimen schnell, indem sie eine Scheidewand bilden und ein oder mehrere (*Pelvetia*) Rhizoide treiben, welche ihren Ursprung gewöhnlich aus dem einen Pole (die erste Wand als äquatorial betrachtet) nehmen. Die befruchteten Eizellen adhären am Substrate und behalten so ihre Stellung unverändert während der ersten Keimungsstadien.

Die Kulturen wurden in mit Meerwasser gefüllten Uhrgläsern, auf dem Objektglase oder im „hängenden Tropfen“ ausgeführt, und die Versuche haben Aufschlüsse über die Wirkung, resp. Nichtwirkung, von Licht, Schwerkraft, Luft und Kontakt gegeben. Versuche mit *Ascophyllum nodosum*, *Fucus vesiculosus* und *F. spiralis* gaben übereinstimmend das folgende Resultat: In der überwiegenden Mehrzahl der Kulturen bei einseitiger Beleuchtung war der Einfluß der Beleuchtungsrichtung deutlich, indem fast alle oder jedenfalls mehrere Eizellen das Rhizoid an der Schattenseite bildeten. In einigen Kulturen ließ sich auch konstatiren, daß die erste Wandung auch einen rechten Winkel mit der Beleuchtungsrichtung bildete. Bei sehr schnell keimenden Eizellen, besonders von *Ascophyllum nodosum* und *Fucus vesiculosus*, war der Einfluß des Lichtes kaum vorhanden; die „inneren Ursachen“ scheinen hier das Uebergewicht zu haben, das Licht hat gleichsam nicht Zeit gehabt, seinen richtenden Einfluß geltend zu machen. Im Dunkeln keimen die Eizellen normal, die Rhizoiden

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. II. 1879. S. 64 und Bd. VII. 1884. S. 376.

wachsen dann in verschiedenen Richtungen. Die Schwerkraft scheint ganz ohne Einfluß zu sein, ebenso Kontakt mit verschiedenen Körpern. Hingegen wurde ein sehr deutlicher Einfluß der Luft beobachtet. Wo mehrere Eizellen dicht an einander lagen, waren bei den peripherisch liegenden Eizellen die Rhizoiden immer an der dem inneren Eizellen zugekehrten Seite entwickelt. In Uhrgläser- und Objektträgerkulturen waren die Eizellen geneigt, die Rhizoiden an der Unterseite zu entwickeln, selbst bei Beleuchtung von unten. In hängenden Tropfen dagegen war das Umgekehrte der Fall. Unzweifelhaft ist es der Sauerstoff, der hier eine Rolle spielt. Die Rhizoiden bilden sich also an derjenigen Seite, wo die Sauerstoffzufuhr am geringsten ist. Der junge Sproß wächst also den Licht- und Sauerstoffquellen entgegen. *Fucus serratus* verhielt sich insofern abweichend, als die Beleuchtung hier ganz ohne Einfluß auf die Orientierung der Keimlinge war.

*Pelvetia canaliculata*. Mit dieser Art wurden Versuche gemacht, um zu erforschen, ob die Eizellen bei der Entwicklung der Vertizibasalität von der Mutterpflanze beeinflusst werden. Die Oogonien enthalten hier zwei Eizellen, die nicht frei werden, sondern im Oogonium verbleiben, von einander durch eine Wand getrennt. Wenn die Oogonien in's Wasser gerathen, kontrahiren sich die Protoplasten der Eizellen und werden kugelig. Während der Kontraktion ist keine Rotation zu bemerken, ebensowenig bei der Befruchtung; die Eizellen behalten also ihre ursprüngliche Orientierung im Oogonium. Wäre eine geerbte Vertizibasalität vorhanden, müßte sie sich jedenfalls zu erkennen geben, wenn alle störenden Einflüsse der äußeren Faktoren eliminiert werden. Die angestellten Versuche haben jedoch gezeigt, daß die Keimungsrichtung ganz unabhängig von der Orientierung im Oogonium ist; im Dunkeln bilden sich Rhizoiden nach variabler Richtung. Bei einseitiger Beleuchtung war bei *Pelvetia* ganz besonders deutlich der richtende Einfluß des Lichtes zu beobachten: Die Rhizoiden entwickelten sich immer an der am wenigsten beleuchteten Seite der Eizelle. Die Richtung der ersten Wandung war nicht immer von der Beleuchtungsrichtung bestimmt; es geht hieraus hervor, daß keine notwendige Relation existirt zwischen der Orientierung der ersten Wand und der Vertizibasalität. Ein Einfluß der Luft ließ sich bei *Pelvetia* nicht nachweisen; wahrscheinlich gleichen die dicken Oogonienwände geringere Differenzen der Sauerstoffspannung aus. —

Im zweiten Theil seiner Arbeit zieht Verf. die Dorsiventralität — die so viele Beziehungen zur Vertizibasalität hat — in die Untersuchung. Dieser Theil zerfällt in zwei Abtheilungen: 1. Nebenachsen und 2. Hauptachsen. Es können hier nur die Hauptresultate berücksichtigt werden.

#### 1. Nebenachsen.

*Polygonatum multiflorum* und *P. latifolium*. Die Achsen der bekanntlich plagiotropen Sprosse dieser Arten sind, nach den vorliegenden Versuchen, nicht dorsiventral, dagegen aber isobilateral. Wird ein junger Sproß in umgekehrter Lage fixirt, dann stellen sich die künftigen Blätter zu der (nach oben gekehrten) „Unterseite“ derart, daß diese nun „Oberseite“ wird.

*Centradenia floribunda* zeigt stark ausgeprägte Heterophyllie an den horizontal oder schräg stehenden Zweigen, während die mehr senkrecht verlaufenden Zweige fast gleichgroße Blätter haben. Dieses Verhalten deutete auf einen

direkten Einfluß äußerer Faktoren, speziell der Schwerkraft, hin und die Experimente haben auch diese Andeutung bestätigt. Während nämlich die durch starke Meterophyllie charakterisirte Dorsiventralität in vielen von *Wiesner* u. A. untersuchten Fällen inhärent ist (z. B. *Selaginella*, *Centradenia rosea* u. A.), so läßt sich die dorsiventrale Organisation der Zweige von *Centradenia floribunda* leicht umkehren. Die starke Heterophyllie beruht hier also auf nur lokaler Induktion (im *Pfeffer'schen* Sinne). Die Schwerkraft spielt hier wohl die Hauptrolle.

*Columna Schiedeana*. Die Dorsiventralität der Zweige ist hier inhärent, kann aber z. Th. durch äußere Faktoren (Licht) induziert werden.

*Scutellaria albida*. Die dorsiventrale Orientierung der Infloreszenzen dieser Art läßt sich leicht umkehren, ist demnach durch äußere Faktoren (Schwerkraft) direkt bestimmt.

## 2. Hauptachsen.

Bei den soeben besprochenen Pflanzen wurde die Dorsiventralität der Nebenachsen durch äußere Faktoren bestimmt, und zwar in einigen Fällen durch stabile, in anderen durch nur lokale Induktion. Bei den im Folgenden zu erwähnenden Pflanzen haben äußere Faktoren hingegen keinen Einfluß auf die dorsiventrale Orientierung der Nebenachsen, deren Orientierung allein von der Stellung zur Mutterachse bestimmt wird. Hier hat man also nur die Hauptachsen in Betracht zu ziehen, zunächst um festzustellen, ob dieselben radiär oder dorsiventral sind, resp. bleiben. Im ersteren Fall (nach Verf. z. B.: *Calliria delicatula*, *Cyanotis cristata*, Arten von *Phyllanthus* und *Putranjiva*, ferner — jedenfalls im ersten Jahre — *Ostrya vulgaris* und *Corylus Avellana*) läßt sich also vor der Hand kaum weiter experimentiren; anders aber, wo die Hauptachse selbst dorsiventral wird, wie das u. A. der Fall ist bei *Fagus*, *Begonia* und mehreren *Papilionaceen*, mit welchen Pflanzen Verf. seine Versuche anstellte.

*Fagus silvatica*. Die Hauptachse der einjährigen Keimpflanze ist bekanntlich radiär gebaut, die im Laufe des ersten Sommers sich entwickelnde Endknospe aber zeigt denselben dorsiventralen Bau wie alle Nebenachsen. Verf. hat nun nachgewiesen, daß das Licht die Dorsiventralität der Hauptachse induziert, indem die gegen das Licht gekehrte Seite immer „organische Oberseite“ wurde, selbst dann, wenn die Beleuchtung von unten erfolgte. Die Schwerkraft scheint ohne Einfluß zu sein.

*Begonia*. Die jungen Keimpflanzen der untersuchten Arten werden sehr früh dorsiventral, jedoch sind die ersten 1–2 Laubblätter symmetrisch und die Hauptachse dem entsprechend ursprünglich radiär. Versuche mit *B. Schmidtii* haben gezeigt, daß die Dorsiventralität vom Lichte induziert werden kann. Bei *B. Franconis* hat auch die Schwerkraft das Vermögen, die Dorsiventralität zu induziren, jedoch in weit geringerem Grade als das Licht, so daß z. B. einseitige Beleuchtung, deren Richtung etwa einen rechten Winkel mit dem Insertionsplan der Blätter bildet, stets ihren Einfluß geltend machen wird. Bei schräger oder fast allseitiger Beleuchtung kann dagegen die Schwerkraft induzierend wirken. Auch ohne Mitwirkung äußerer Faktoren scheint hier die Dorsiventralität eintreten zu können. Versuche mit kriechenden Arten mißlingen, die Keimpflanzen starben fast alle jung; die wenigen Versuche mit *B. heracleifolia* lassen noch

keinen sicheren Schluß zu. Bezüglich der Orientirung der Nebenachsen bei den kriechenden Begonien kam Verf. zu einem anderen Resultate als *Eichler*, daß nämlich die „Schalseite“ — d. i. die der schmalen Blattseite entsprechende Seite der Triebe — nicht ursprünglich gegen die Mutterachse gekehrt ist.

Versuche mit Papilionaceen gaben nicht immer präzise Resultate. Jedoch ließ es sich mit aller Sicherheit bei *Anthyllis heterophylla* nachweisen, daß die Dorsiventralität vom Lichte induziert wird.

*Pisum sativum* scheint von der Schwerkraft beeinflusst zu sein, welche die „Blüthenseite“ an der abwärts gekehrten Seite hervorruft.

Bei *Vicia Faba* läßt sich die Dorsiventralität in vielen Fällen nicht durch äußere Faktoren bestimmen, sondern hängt von vor der Keimung schon vorhandenen „inneren Ursachen“ ab — welches sehr erklärlich erscheint, indem der Keimling schon im Samen mehrere Blätter und Seitenknospen enthält.

Dasselbe gilt für *Cicer arietinum*, wo niemals ein induzierender Einfluß äußerer Faktoren beobachtet werden konnte.

**R. Reib.** Ueber die Natur der Reservezellulose und über ihre Auflösungsweise bei der Keimung der Samen. Berichte der deutsch. bot. Ges. Bd. VII. H. 8. S. 322–329.

Die Auflösung der als Zellwandverdickungen abgelagerten Stoffe kann in sechsfacher Weise vor sich gehen :

- 1) Durch allmähliches „Abschmelzen“ von innen nach außen (*Phoenix*, *Chaerops*).
- 2) Durch intralamellare „Lösung“ (*Asparagus*). Die Mittellamelle und das Grenzhäutchen der Verdickungsmasse sind nach vollendeter Lösung deutlich sichtbar.
- 3) Durch intralamellare Verflüssigung (*Foeniculum*). Die Masse einer Membrane wird ähnlich wie bei 2, aber auf einmal verflüssigt.
- 4) Durch Korrosion (*Tropaeolum*, *Impatiens*).
- 5) Durch Korrosion mit Abschmelzen (*Iris*).
- 6) Durch intralamellare Lösung mit gleichzeitiger Korrosion (*Allium*, *Cyclamen*).

*C. K.*

**E. Godlewsky.** Ueber die biologische Bedeutung der Etiolungserscheinungen. Biologisches Zentralblatt. 1889. Bd. 9. Nr. 16.

**F. Eschenhagen.** Ueber den Einfluß von Lösungen verschiedener Konzentration auf das Wachstum von Schimmelpilzen. Ein Beitrag zur Kenntniß der Rolle, welche der Turgor in niederen Organismen spielt. Stolp. W. Delmanzo'sche Buchdruckerei. Inaug.-Dissert. d. Univers. Leipzig.

**W. Pfeffer.** Mittheilungen über die im botanischen Institut angestellten Untersuchungen des Herrn *Eschenhagen*, betr. den Einfluß der Konzentration des Nährmediums auf das Wachstum der Schimmelpilze. Ber. d. math.-phys. Kl. der Kgl. sächs. Ges. d. Wissensch. v. 21. Okt. 1889.

**E. Hintz.** Ueber den mechanischen Bau des Blattrandes mit Berücksichtigung einiger Anpassungserscheinungen zur Verminderung der lokalen Verdunstung. Leipzig. 1889. W. Engelmann.

**K. Leist.** Ueber den Einfluß des alpinen Standortes auf die Ausbildung der Laubblätter. Mitth. d. naturf. Ges. in Bern. 1889.

**M. Büsgen.** Beobachtungen über das Verhalten des Gerbstoffes in den Pflanzen. Jenai'sche Zeitschrift f. Naturw. XXIV. Bd. N. F. XVIII.

**F. G. Kohl.** Anatomisch-physiologische Untersuchungen der Kalksalze und Kieselsäure in der Pflanze. Marburg. 1889. N. G. Elwert'sche Verlagsbuchhandlung.

**J. Levy.** Beiträge zu der Lehre der Stickstoffaufnahme der Pflanzen. Inaug.-Dissert. d. Univers. Halle-Wittenberg.



### III. Agrar-Meteorologie.

*Mittheilungen aus dem agrikulturphysikalischen Laboratorium und Versuchsfelde  
der technischen Hochschule in München.*

#### LIV. Forstlich-meteorologische Beobachtungen.

(Zweite Mittheilung.)

Von Professor Dr. E. Wollny in München.

Behufs Vervollständigung der in der ersten Mittheilung<sup>1)</sup> über obigen Gegenstand niedergelegten Daten über das Verhalten der Streudecke zum Wasser hat Referent im Jahre 1888 eine weitere Reihe von Untersuchungen ausgeführt, in welchen hauptsächlich die Feuchtigkeitsverhältnisse des Moores bei verschiedener Mächtigkeit der Schicht bestimmt werden sollten. Um gleichzeitig die Zuverlässigkeit der in zweijährigen Beobachtungen hervorgetretenen Resultate bezüglich des von den übrigen Streudecken zum Theil abweichenden Verhaltens des Moores zu prüfen, wurden außerdem in diesen nachträglichen Versuchen Eichen- und Buchenlaub, sowie Fichten- und Kiefernnadeln bei 5 cm Mächtigkeit der Schicht verwendet.

#### I.

##### *B. Die Feuchtigkeitsverhältnisse der Streudecke.*

Die Streu der Waldbäume, welche zu vorliegenden Versuchen benutzt wurde, stammte von dem letzten Blattfall und wurde, wie die Moosstreu, im zeitigen Frühjahr aus dem Forst Kasten bei Planegg (Oberbayern),

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. X. 1887. S. 415—446.



zum Theil aus dem K. Schloßpark in Nymphenburg bezogen. Sie wurde zuvor lufttrocken gemacht, um die in die Apparate verbrachte trockene Masse berechnen zu können, bei dem Einfüllen aber stark angefeuchtet, um eine möglichst feste Lagerung derselben bewirken zu können. Die Apparate (Lysimeter), welche in Verwendung kamen, waren dieselben wie in früheren Versuchen. Dasselbe gilt auch von der Versuchsanordnung und der Berechnung des volumprozentischen Wassergehaltes <sup>1)</sup>. Die Art der Füllung der Lysimeter ist aus folgender Zusammenstellung ersichtlich:

|                                           | Kiefern-<br>nadeln. | Fichten-<br>nadeln. | Eichen-<br>laub. | Buchen-<br>laub. |
|-------------------------------------------|---------------------|---------------------|------------------|------------------|
| Höhe der Schicht:                         | 5 cm                | 5 cm                | 5 cm             | 5 cm             |
| Volumen, ccm:                             | 2000                | 2000                | 2000             | 2000             |
| Gewicht der luft-<br>trockenen Masse, gr: | 300                 | 369,5               | 255              | 264,5            |

M o o s

|                                           | M o o s |       |       |       |       |       |
|-------------------------------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                           | 5 cm    | 10 cm | 15 cm | 20 cm | 25 cm | 30 cm |
| Höhe der Schicht:                         | 5 cm    | 10 cm | 15 cm | 20 cm | 25 cm | 30 cm |
| Volumen, ccm:                             | 2000    | 4000  | 6000  | 8000  | 10000 | 12000 |
| Gewicht der luft-<br>trockenen Masse, gr: | 300     | 600   | 900   | 1200  | 1500  | 1800. |

Der folgenden Tabelle sind die ermittelten Werthe zu entnehmen:

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. X. 1887. S. 431.

## a. Der Wassergehalt der Streudecke

| Datum.            | Kiefern-<br>nadeln.         |           |                   | Fichten-<br>nadeln.         |           |                   | Eichenlaub.                 |           |                   | Buchenlaub.                 |           |                   |                             |           |       |
|-------------------|-----------------------------|-----------|-------------------|-----------------------------|-----------|-------------------|-----------------------------|-----------|-------------------|-----------------------------|-----------|-------------------|-----------------------------|-----------|-------|
|                   | 5 cm                        |           |                   | 5 cm                        |           |                   | 5 cm                        |           |                   | 5 cm                        |           |                   | 5 cm                        |           |       |
|                   | Vol.<br>der<br>Streu<br>ccm | Wasser    |                   | Vol.<br>der<br>Streu<br>ccm | Wasser    |                   | Vol.<br>der<br>Streu<br>ccm | Wasser    |                   | Vol.<br>der<br>Streu<br>ccm | Wasser    |                   | Vol.<br>der<br>Streu<br>ccm | Wasser    |       |
| ab-<br>sol.<br>gr |                             | Vol.<br>% | ab-<br>sol.<br>gr |                             | Vol.<br>% | ab-<br>sol.<br>gr |                             | Vol.<br>% | ab-<br>sol.<br>gr |                             | Vol.<br>% | ab-<br>sol.<br>gr |                             | Vol.<br>% |       |
| 18. April         | 2000                        | 510       | 25,50             | 2000                        | 440       | 22,00             | 2000                        | 570       | 28,50             | 2000                        | 490       | 24,50             | 2000                        | 520       | 26,0  |
| 25. "             | 2000                        | 500       | 25,00             | 2000                        | 470       | 23,50             | 1980                        | 570       | 28,71             | 1987                        | 470       | 23,65             | "                           | 490       | 24,5  |
| 2. Mai            | 2000                        | 520       | 26,00             | 1970                        | 530       | 26,90             | 1950                        | 610       | 30,12             | 1967                        | 470       | 23,89             | "                           | 520       | 26,0  |
| 9. "              | 1966                        | 560       | 28,48             | 1940                        | 550       | 27,83             | 1920                        | 690       | 35,94             | 1947                        | 550       | 28,25             | "                           | 500       | 25,0  |
| 16. "             | 1934                        | 510       | 26,37             | 1910                        | 520       | 27,23             | 1900                        | 620       | 32,63             | 1927                        | 470       | 24,39             | "                           | 380       | 19,0  |
| 23. "             | 1900                        | 270       | 14,21             | 1890                        | 350       | 18,52             | 1880                        | 400       | 21,28             | 1907                        | 250       | 13,11             | "                           | 150       | 7,5   |
| 30. "             | 1868                        | 450       | 24,09             | 1870                        | 470       | 25,13             | 1874                        | 620       | 33,08             | 1888                        | 450       | 23,83             | "                           | 300       | 15,0  |
| 6. Juni           | 1836                        | 470       | 25,60             | 1852                        | 480       | 25,92             | 1858                        | 550       | 29,60             | 1869                        | 410       | 21,94             | "                           | 280       | 14,0  |
| 13. "             | 1804                        | 490       | 27,16             | 1834                        | 500       | 27,26             | 1842                        | 560       | 30,40             | 1850                        | 440       | 23,78             | "                           | 390       | 19,5  |
| 20. "             | 1789                        | 660       | 36,89             | 1816                        | 660       | 36,35             | 1828                        | 790       | 43,22             | 1831                        | 690       | 37,69             | "                           | 810       | 40,5  |
| 27. "             | 1774                        | 380       | 21,42             | 1799                        | 450       | 25,01             | 1804                        | 480       | 26,61             | 1812                        | 350       | 19,32             | "                           | 260       | 13,0  |
| 3. Juli           | 1759                        | 730       | 41,50             | 1782                        | 710       | 39,84             | 1790                        | 830       | 46,37             | 1793                        | 750       | 41,83             | "                           | 840       | 42,0  |
| 11. "             | 1745                        | 760       | 43,55             | 1766                        | 780       | 44,17             | 1786                        | 830       | 46,48             | 1774                        | 730       | 41,15             | "                           | 830       | 41,5  |
| 18. "             | 1731                        | 620       | 35,82             | 1750                        | 620       | 36,00             | 1774                        | 710       | 40,02             | 1756                        | 620       | 35,31             | "                           | 740       | 37,0  |
| 25. "             | 1718                        | 700       | 40,74             | 1735                        | 690       | 35,73             | 1762                        | 790       | 44,84             | 1742                        | 710       | 40,75             | "                           | 900       | 45,0  |
| 1. Aug.           | 1705                        | 910       | 53,37             | 1720                        | 970       | 56,39             | 1750                        | 870       | 49,71             | 1728                        | 800       | 46,29             | "                           | 1000      | 50,0  |
| 8. "              | 1693                        | 640       | 37,80             | 1706                        | 710       | 41,62             | 1741                        | 690       | 39,63             | 1725                        | 610       | 35,36             | "                           | 860       | 43,0  |
| 14. "             | 1683                        | 340       | 20,26             | 1692                        | 420       | 24,82             | 1732                        | 390       | 22,52             | 1712                        | 280       | 16,35             | "                           | 290       | 14,5  |
| 22. "             | 1674                        | 640       | 38,23             | 1678                        | 690       | 41,12             | 1723                        | 820       | 47,59             | 1702                        | 720       | 42,30             | "                           | 920       | 46,0  |
| 29. "             | 1664                        | 390       | 23,43             | 1675                        | 450       | 26,87             | 1714                        | 440       | 25,67             | 1693                        | 350       | 20,73             | "                           | 340       | 17,0  |
| 5. Sept.          | 1656                        | 580       | 35,02             | 1662                        | 570       | 34,29             | 1706                        | 630       | 36,93             | 1686                        | 640       | 38,55             | "                           | 720       | 36,0  |
| 12. "             | 1649                        | 700       | 42,45             | 1651                        | 740       | 44,82             | 1699                        | 870       | 51,21             | 1679                        | 770       | 45,86             | "                           | 990       | 49,5  |
| 19. "             | 1641                        | 630       | 38,39             | 1640                        | 640       | 39,02             | 1692                        | 720       | 42,55             | 1673                        | 620       | 37,06             | "                           | 820       | 41,0  |
| 26. "             | 1635                        | 460       | 28,13             | 1629                        | 510       | 31,31             | 1686                        | 480       | 28,47             | 1667                        | 420       | 25,19             | "                           | 440       | 22,0  |
| 4. Okt.           | 1628                        | 750       | 46,07             | 1618                        | 780       | 48,21             | 1681                        | 890       | 52,94             | 1662                        | 810       | 48,74             | "                           | 1040      | 52,0  |
| 10. "             | 1621                        | 770       | 47,50             | 1610                        | 790       | 49,07             | 1676                        | 920       | 54,89             | 1657                        | 830       | 50,09             | "                           | 1070      | 53,5  |
| 17. "             | 1615                        | 690       | 42,72             | 1602                        | 740       | 46,19             | 1671                        | 840       | 50,27             | 1652                        | 750       | 45,40             | "                           | 970       | 48,5  |
| 24. "             | 1609                        | 530       | 32,94             | 1594                        | 580       | 36,39             | 1666                        | 600       | 36,01             | 1647                        | 500       | 30,36             | "                           | 640       | 32,0  |
| 31. "             | 1604                        | 400       | 24,93             | 1586                        | 450       | 28,37             | 1662                        | 430       | 25,87             | 1642                        | 360       | 21,93             | "                           | 370       | 18,5  |
| Mittel:           | —                           | —         | 32,88             | —                           | —         | 34,13             | —                           | —         | 37,31             | —                           | —         | 31,99             | —                           | —         | 31,69 |

während der wärmeren Jahreszeit.

M o o s.

| 10 cm              |            |        | 15 cm              |            |        | 20 cm              |            |        | 25 cm              |            |        | 30 cm              |            |        |
|--------------------|------------|--------|--------------------|------------|--------|--------------------|------------|--------|--------------------|------------|--------|--------------------|------------|--------|
| Vol. der Streu ccm | Wasser     |        | Vol. der Streu ccm | Wasser     |        | Vol. der Streu ccm | Wasser     |        | Vol. der Streu ccm | Wasser     |        | Vol. der Streu ccm | Wasser     |        |
|                    | ab-sol. gr | Vol. % |                    | ab-sol. gr | Vol. % |                    | ab-sol. gr | Vol. % |                    | ab-sol. gr | Vol. % |                    | ab-sol. gr | Vol. % |
| 4000               | 1530       | 35,25  | 6000               | 2490       | 41,50  | 8000               | 3770       | 47,12  | 10000              | 4350       | 43,5   | 12000              | 4670       | 38,92  |
| "                  | 1560       | 39,00  | "                  | 2650       | 44,17  | "                  | 3870       | 48,37  | "                  | 4500       | 45,0   | "                  | 4940       | 41,17  |
| "                  | 1580       | 39,50  | "                  | 2650       | 44,17  | "                  | 3970       | 49,62  | "                  | 4640       | 46,4   | "                  | 5160       | 43,00  |
| "                  | 1330       | 33,25  | "                  | 2470       | 41,17  | "                  | 3970       | 49,62  | "                  | 4640       | 46,4   | "                  | 5220       | 43,50  |
| "                  | 1190       | 29,75  | "                  | 2380       | 38,83  | "                  | 3920       | 49,00  | "                  | 4600       | 46,0   | "                  | 5190       | 43,25  |
| "                  | 860        | 21,50  | "                  | 1950       | 32,50  | "                  | 3630       | 45,37  | "                  | 4380       | 43,8   | "                  | 4970       | 41,42  |
| "                  | 990        | 24,75  | "                  | 2060       | 34,33  | "                  | 3760       | 47,00  | "                  | 4460       | 44,6   | "                  | 5140       | 42,83  |
| "                  | 1000       | 25,00  | "                  | 2090       | 34,83  | "                  | 3880       | 48,50  | "                  | 4570       | 45,7   | "                  | 5160       | 43,00  |
| "                  | 1310       | 32,75  | "                  | 2420       | 40,33  | "                  | 3930       | 49,12  | "                  | 4600       | 46,0   | "                  | 5220       | 43,50  |
| "                  | 1810       | 45,25  | "                  | 2820       | 47,00  | "                  | 4060       | 50,75  | "                  | 4750       | 47,5   | "                  | 5400       | 45,00  |
| "                  | 1100       | 27,50  | "                  | 2370       | 39,50  | "                  | 3850       | 48,12  | "                  | 4560       | 45,6   | "                  | 5160       | 43,00  |
| "                  | 1850       | 46,25  | "                  | 2870       | 47,83  | "                  | 4090       | 51,12  | "                  | 4810       | 48,1   | "                  | 5440       | 45,33  |
| "                  | 1960       | 49,00  | "                  | 3060       | 51,00  | "                  | 4220       | 52,75  | "                  | 4950       | 49,5   | "                  | 5550       | 46,25  |
| "                  | 1820       | 45,50  | "                  | 2950       | 49,17  | "                  | 4060       | 50,75  | "                  | 4780       | 48,8   | "                  | 5390       | 44,92  |
| "                  | 2010       | 50,25  | "                  | 3060       | 51,00  | "                  | 4080       | 51,00  | "                  | 4830       | 48,3   | "                  | 5450       | 45,42  |
| "                  | 2140       | 53,50  | "                  | 3190       | 53,17  | "                  | 4210       | 52,62  | "                  | 4970       | 49,7   | "                  | 5620       | 46,83  |
| "                  | 2030       | 50,75  | "                  | 3120       | 52,00  | "                  | 4130       | 51,26  | "                  | 4890       | 48,9   | "                  | 5480       | 45,67  |
| "                  | 1340       | 33,50  | "                  | 2670       | 44,50  | "                  | 3830       | 47,88  | "                  | 4640       | 46,4   | "                  | 5200       | 43,33  |
| "                  | 2080       | 52,00  | "                  | 3170       | 52,83  | "                  | 4180       | 52,25  | "                  | 4990       | 49,9   | "                  | 5540       | 46,17  |
| "                  | 1460       | 36,50  | "                  | 2780       | 46,33  | "                  | 3920       | 49,00  | "                  | 4780       | 47,8   | "                  | 5280       | 44,00  |
| "                  | 1860       | 46,50  | "                  | 3040       | 50,67  | "                  | 4050       | 50,62  | "                  | 4910       | 49,1   | "                  | 5470       | 45,58  |
| "                  | 2120       | 53,00  | "                  | 3210       | 53,50  | "                  | 4180       | 52,25  | "                  | 5020       | 50,2   | "                  | 5540       | 46,17  |
| "                  | 1990       | 49,75  | "                  | 3120       | 52,00  | "                  | 4120       | 51,50  | "                  | 4950       | 49,5   | "                  | 5470       | 45,58  |
| "                  | 1660       | 41,50  | "                  | 2900       | 48,33  | "                  | 3980       | 49,75  | "                  | 4840       | 48,4   | "                  | 5370       | 44,75  |
| "                  | 2150       | 53,75  | "                  | 3230       | 53,83  | "                  | 4260       | 53,25  | "                  | 5140       | 51,4   | "                  | 5680       | 47,33  |
| "                  | 2200       | 55,00  | "                  | 3320       | 55,33  | "                  | 4370       | 54,62  | "                  | 5250       | 52,5   | "                  | 5860       | 48,85  |
| "                  | 2100       | 52,50  | "                  | 3210       | 53,50  | "                  | 4200       | 52,50  | "                  | 5050       | 50,5   | "                  | 5570       | 46,42  |
| "                  | 1800       | 45,00  | "                  | 2950       | 49,17  | "                  | 3990       | 49,88  | "                  | 4880       | 48,8   | "                  | 5420       | 45,17  |
| "                  | 5140       | 38,50  | "                  | 2680       | 44,67  | "                  | 3750       | 46,88  | "                  | 4660       | 46,6   | "                  | 5300       | 44,17  |
| —                  | —          | 41,70  | —                  | —          | 46,45  | —                  | —          | 50,10  | —                  | —          | 47,61  | —                  | —          | 44,50  |

Zieht man die früher gewonnenen Daten mit in Betracht, so erhält man folgende Uebersicht:

**Wassergehalt der Streusorten in Volumprozent.**

**Bei 5 cm Mächtigkeit.**

|      | Eichenlaub. | Buchenlaub. | Fichtennadeln. | Kiefernnadeln. | Moos.  |
|------|-------------|-------------|----------------|----------------|--------|
| 1886 | 57,26       | —           | 44,75          | —              | 25,43  |
| 1887 | 44,28       | —           | 33,21          | —              | 14,22  |
| 1888 | 37,31       | 31,99       | 34,13          | 32,88          | 31,69. |

**Bei verschiedener Mächtigkeit.**

|               |        | 5 cm  | 10 cm | 15 cm | 20 cm | 25 cm | 30 cm  |
|---------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Eichenlaub    | { 1886 | 57,26 | 57,25 | —     | 51,92 | —     | 46,58  |
|               | { 1887 | 44,28 | 48,74 | —     | 54,27 | —     | 44,26  |
| Fichtennadeln | { 1886 | 44,75 | 48,71 | —     | 42,83 | —     | 44,02  |
|               | { 1887 | 33,21 | 32,80 | —     | 39,23 | —     | 39,29  |
| Moos . . .    | 1888   | 31,69 | 41,70 | 46,25 | 50,10 | 47,61 | 44,50  |
| Buchenlaub    | { 1886 | .     | .     | .     | .     | .     | 40,58  |
|               | { 1887 | .     | .     | .     | .     | .     | 39,03  |
| Kiefernnadeln | { 1886 | .     | .     | .     | .     | .     | 38,99  |
|               | { 1887 | .     | .     | .     | .     | .     | 33,57. |

Im Allgemeinen läßt sich aus diesen Zahlen folgern,

- 1) daß die Unterschiede im durchschnittlichen Wassergehalt der verschiedenen Streudecken bei größerer Mächtigkeit der Schicht (30 cm) verhältnißmäßig gering sind;
- 2) daß im Uebrigen das Eichenlaub den höchsten Wassergehalt besitzt, dann folgen in absteigender Linie die Fichtennadeln-, die Buchenlaub- und die Kiefernnadelnstreu, während das Moos die geringsten Wassermengen in sich einschließt;
- 3) daß der Wassergehalt der Streu mit der Mächtigkeit der Schicht bis zu einer gewissen Grenze (10—20 cm) zu-, von da ab aber mit der Höhe der Schicht wieder abnimmt;
- 4) daß die Schwankungen im Wassergehalt der Streudecken bei wechselnden Witterungsverhältnissen um so geringer werden, je stärker die Streudecke ist.

Das abweichende Verhalten der Moosdecke bei 5 cm Mächtigkeit im Jahre 1888 von demjenigen in den beiden vorangegangenen Jahren erklärt sich aus der vergleichsweise reichlicheren atmosphärischen Zufuhr in jenem Jahre. (Vergl. die bezüglichen Angaben sub b und c.) Gleichwohl zeigt das Moos in der trockeneren Periode des Jahres 1888 (18. April bis 27. Juni <sup>1)</sup>) die gleiche Gesetzmäßigkeit wie in den Vorjahren, nämlich, daß keine Streusorte bei geringer Mächtigkeit (5—10 cm) einem so bedeutenden Wechsel im Wassergehalt unterliegt wie die Moosstreu.

Da die in den Tabellen aufgeführten Zahlen nicht die Wasserkapazität, sondern den Wassergehalt angeben, nachdem einerseits ein Theil des zugeführten Wassers abgesickert, andererseits ein Theil durch Verdunstung an die Atmosphäre abgegeben worden ist, so müssen natürlich beide Momente zur Erklärung der hervorgetretenen Erscheinungen mit herangezogen werden. In der folgenden Tabelle sind zu diesem Zweck

**b. Die Sickerwassermengen aus der Streudecke**

nebst den Regenmengen übersichtlich zusammengestellt worden.

| Datum.             | Regen-<br>menge. | Sickerwassermenge pro 400 qcm Fläche in ccm. |                     |                  |                   |           |      |      |      |      |       |
|--------------------|------------------|----------------------------------------------|---------------------|------------------|-------------------|-----------|------|------|------|------|-------|
|                    |                  | Kiefern-<br>nadeln.                          | Fichten-<br>nadeln. | Eichen-<br>laub. | Beechen-<br>laub. | M o o s . |      |      |      |      |       |
|                    |                  |                                              |                     |                  |                   | 5 cm      | 5 cm | 5 cm | 5 cm | 5 cm | 10 cm |
| 18.—25. April      | 1102             | 605                                          | 637                 | 640              | 680               | 452       | 480  | 540  | 751  | 682  | 539   |
| 25. April — 2. Mai | 2781             | 2279                                         | 1986                | 2322             | 2577              | 2110      | 2040 | 2250 | 2381 | 2442 | 2253  |
| 2.— 9. Mai         | 285              | 17                                           | 78                  | —                | —                 | —         | —    | —    | —    | —    | —     |
| 9.—16. „           | 325              | —                                            | 187                 | —                | —                 | —         | —    | —    | 39   | 23   | 70    |
| 16.—23. „          | —                | —                                            | —                   | —                | —                 | —         | —    | —    | —    | —    | —     |
| 23.—30. „          | 442              | 11                                           | 122                 | —                | —                 | —         | —    | —    | —    | —    | 9     |
| 30. Mai — 6. Juni  | 677              | 41                                           | 137                 | —                | —                 | —         | —    | —    | 42   | 46   | 148   |
| 6.—13. Juni        | 1379             | 546                                          | 821                 | 519              | 498               | 201       | 120  | 262  | 806  | 829  | 787   |
| 13.—20. „          | 2196             | 1519                                         | 1623                | 1521             | 1485              | 1183      | 1275 | 1381 | 1669 | 1686 | 1554  |
| 20.—27. „          | 95               | —                                            | —                   | —                | —                 | 11        | —    | —    | 15   | —    | 65    |
| 27. Juni — 3. Juli | 1561             | 744                                          | 989                 | 776              | 712               | 474       | 417  | 631  | 893  | 822  | 779   |
| 3.—11. Juli        | 1483             | 480                                          | 778                 | 516              | 488               | 377       | 452  | 518  | 614  | 606  | 544   |
| 11.—18. „          | 870              | 398                                          | 540                 | 388              | 312               | 124       | 229  | 492  | 651  | 667  | 662   |
| Summa:             | 13196            | 6640                                         | 7848                | 6682             | 6702              | 4932      | 4963 | 6074 | 7861 | 7803 | 7410  |

<sup>1)</sup> Vergl. ferner die Beobachtungen vom 14. und 29. August, 26. September und 31. Oktober.

| Datum.            | Regen-<br>menge.<br>ccm | Sickerwassermenge pro 400 qcm Fläche in ccm. |                     |                  |                  |          |       |       |       |       |       |
|-------------------|-------------------------|----------------------------------------------|---------------------|------------------|------------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                   |                         | Kiefern-<br>nadeln.                          | Fichten-<br>nadeln. | Eichen-<br>laub. | Buchen-<br>laub. | M o o s. |       |       |       |       |       |
|                   |                         | 5 cm                                         | 5 cm                | 5 cm             | 5 cm             | 5 cm     | 10 cm | 15 cm | 20 cm | 25 cm | 30 cm |
| Uebertrag:        | 13196                   | 6640                                         | 7848                | 6682             | 6702             | 4932     | 4963  | 6074  | 7861  | 7808  | 7401  |
| 18.—25. Juli      | 2100                    | 1266                                         | 1557                | 1257             | 1212             | 1076     | 1196  | 1489  | 1536  | 1511  | 1433  |
| 25. Juli—1. Aug.  | 895                     | 165                                          | 354                 | 170              | 140              | 19       | 124   | 159   | 305   | 336   | 300   |
| 1.—8. Aug.        | 3126                    | 2611                                         | 2677                | 2609             | 2596             | 2529     | 2677  | 2643  | 2708  | 2712  | 2665  |
| 8.—14. „          | —                       | —                                            | —                   | —                | —                | —        | —     | —     | —     | —     | 54    |
| 14.—22. „         | 2130                    | 1222                                         | 1478                | 1168             | 1142             | 815      | 855   | 1170  | 1381  | 1449  | 1534  |
| 22.—29. „         | 65                      | —                                            | 7                   | —                | —                | —        | —     | —     | 13    | 18    | 45    |
| 29. Aug.—5. Sept. | 4364                    | 3818                                         | 3934                | 3958             | 3873             | 3767     | 3661  | 3890  | 4006  | 3906  | 3826  |
| 5.—12. Sept.      | 1092                    | 750                                          | 863                 | 781              | 711              | 553      | 664   | 781   | 868   | 870   | 879   |
| 12.—19. „         | 1742                    | 1386                                         | 1496                | 1351             | 1393             | 1369     | 1448  | 1495  | 1567  | 1555  | 1489  |
| 19.—26. „         | 16                      | —                                            | —                   | —                | —                | —        | —     | —     | —     | —     | 28    |
| 26. Sept.—4. Okt. | 2324                    | 1678                                         | 1887                | 1669             | 1647             | 4108     | 1522  | 1715  | 1857  | 1808  | 1763  |
| 4.—10. Okt.       | 1420                    | 1340                                         | 1392                | 1262             | 1302             | 1188     | 1194  | 1253  | 1226  | 1232  | 1240  |
| 10.—17. „         | 422                     | 303                                          | 311                 | 285              | 276              | 275      | 297   | 309   | 375   | 397   | 529   |
| 17.—24. „         | —                       | —                                            | —                   | —                | —                | —        | —     | —     | —     | —     | 25    |
| 24.—31. „         | 27                      | —                                            | —                   | —                | —                | —        | —     | —     | —     | —     | —     |
| Summa:            | 32919                   | 21179                                        | 23804               | 21142            | 20994            | 17931    | 18601 | 20928 | 23703 | 23597 | 23220 |

Diesen Zahlen kann entnommen werden,

- 1) daß bei gleicher atmosphärischer Zufuhr und unter übrigens gleichen Verhältnissen die von Eichen- und Buchenlaub, sowie Fichten- und Kiefernadeln in die Tiefe abgegebenen Wassermengen nur wenig von einander verschieden, daß dieselben aber wesentlich größer sind als die aus dem Moos abtropfenden;
- 2) daß die Sickerwassermengen aus der Streudecke mit der Mächtigkeit der Schicht bis zu einer gewissen Grenze (20 cm) zu-, von dieser ab mit weiterer Erhöhung der Schicht aber abnehmen.

Diese Gesetzmäßigkeiten treten in allen drei Versuchsjahren hervor, wie folgende Zusammenstellung nachweist:

Sickerwassermengen aus den Streudecken pro 400 □ cm Fläche.

Bei 5 cm Mächtigkeit.

|      | Eichenlaub. | Buchenlaub. | Fichtennadeln. | Kiefernadeln. | Moos. |
|------|-------------|-------------|----------------|---------------|-------|
| 1886 | 17591       | —           | 17793          | —             | 14993 |
| 1887 | 7894        | —           | 8653           | —             | 7260  |
| 1888 | 21142       | 20994       | 23804          | 21179         | 17931 |

Bei verschiedener Mächtigkeit.

|               | 5 cm | 10 cm | 15 cm | 20 cm | 25 cm | 30 cm |       |
|---------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Eichenlaub    | 1886 | 17591 | 19482 | —     | 21160 | —     | 21061 |
|               | 1887 | 7894  | 7353  | —     | 12954 | —     | 13272 |
| Fichtennadeln | 1886 | 17793 | 19278 | —     | 19523 | —     | 19467 |
|               | 1887 | 8653  | 7356  | —     | 14611 | —     | 13912 |
| Moos . . .    | 1888 | 17931 | 18601 | 20928 | 23703 | 23597 | 23220 |

c. Die Verdunstungsmengen aus der Streudecke

wurden, wie folgt, berechnet:

| Datum.           | Regen-<br>menge. | Verdunstungsmengen pro 400 qcm Fläche in ccm. |                     |                  |                  |           |       |       |       |       |       |
|------------------|------------------|-----------------------------------------------|---------------------|------------------|------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                  |                  | Kiefern-<br>nadeln.                           | Fichten-<br>nadeln. | Eichen-<br>laub. | Buchen-<br>laub. | M o o s . |       |       |       |       |       |
|                  |                  |                                               |                     |                  |                  | 5 cm      | 10 cm | 15 cm | 20 cm | 25 cm | 30 cm |
| 18.—25. April    | 1102             | 507                                           | 435                 | 462              | 492              | 680       | 642   | 402   | 251   | 270   | 293   |
| 25. April—2. Mai | 2781             | 482                                           | 735                 | 419              | 204              | 614       | 721   | 531   | 300   | 199   | 208   |
| 2.—9. Mai        | 285              | 228                                           | 187                 | 205              | 205              | 305       | 535   | 465   | 285   | 285   | 225   |
| 9.—16. "         | 325              | 375                                           | 218                 | 395              | 405              | 445       | 465   | 465   | 386   | 342   | 285   |
| 16.—23. "        | —                | 240                                           | 170                 | 220              | 220              | 230       | 330   | 380   | 290   | 270   | 220   |
| 23.—30. "        | 442              | 261                                           | 200                 | 222              | 242              | 292       | 312   | 332   | 312   | 312   | 263   |
| 30. Mai—6. Juni  | 677              | 616                                           | 530                 | 747              | 717              | 797       | 687   | 647   | 515   | 521   | 509   |
| 6.—13. Juni      | 1379             | 813                                           | 538                 | 850              | 851              | 1068      | 949   | 787   | 523   | 520   | 532   |
| 13.—20. "        | 2196             | 507                                           | 413                 | 445              | 461              | 593       | 421   | 415   | 397   | 360   | 462   |
| 20.—27. "        | 95               | 375                                           | 305                 | 405              | 435              | 634       | 805   | 545   | 290   | 285   | 270   |
| 27. Juni—3. Juli | 1561             | 467                                           | 312                 | 435              | 449              | 507       | 394   | 430   | 428   | 489   | 502   |
| 3.—11. Juli      | 1483             | 973                                           | 635                 | 967              | 1015             | 1116      | 921   | 775   | 739   | 737   | 829   |
| 11.—18. "        | 870              | 612                                           | 490                 | 602              | 668              | 836       | 781   | 488   | 379   | 373   | 368   |
| Summa:           | 13196            | 6456                                          | 5168                | 6374             | 6364             | 8144      | 7963  | 6662  | 5045  | 4963  | 4966  |

| Datum.            | Regen-<br>menge. | Sickerwassermenge pro 400 qcm Fläche in ccm. |                     |                  |                  |           |       |       |      |      |       |
|-------------------|------------------|----------------------------------------------|---------------------|------------------|------------------|-----------|-------|-------|------|------|-------|
|                   |                  | Kiefern-<br>nadeln.                          | Fichten-<br>nadeln. | Eichen-<br>laub. | Buchen-<br>laub. | M o o s . |       |       |      |      |       |
|                   |                  |                                              |                     |                  |                  | 5 cm      | 5 cm  | 5 cm  | 5 cm | 5 cm | 10 cm |
| Uebertrag:        | 18196            | 6456                                         | 5168                | 6374             | 6364             | 8144      | 7963  | 6662  | 5045 | 4963 | 4966  |
| 18.—25. Juli      | 2100             | 754                                          | 473                 | 763              | 798              | 864       | 714   | 571   | 544  | 539  | 607   |
| 25. Juli—1. Aug.  | 895              | 520                                          | 261                 | 545              | 665              | 776       | 641   | 606   | 460  | 419  | 405   |
| 1.—8. Aug.        | 3126             | 785                                          | 709                 | 697              | 720              | 737       | 559   | 553   | 498  | 494  | 601   |
| 8.—14. „          | —                | 300                                          | 290                 | 300              | 330              | 570       | 690   | 450   | 300  | 250  | 280   |
| 14.—22. „         | 2130             | 608                                          | 382                 | 542              | 548              | 685       | 535   | 460   | 399  | 331  | 256   |
| 22.—29. „         | 65               | 315                                          | 298                 | 445              | 435              | 645       | 685   | 455   | 312  | 307  | 285   |
| 29. Aug.—5. Sept. | 4364             | 358                                          | 310                 | 216              | 201              | 217       | 303   | 214   | 228  | 318  | 348   |
| 5.—12. Sept.      | 1092             | 222                                          | 59                  | 121              | 251              | 269       | 168   | 141   | 94   | 112  | 133   |
| 12.—19. „         | 1742             | 426                                          | 346                 | 541              | 499              | 543       | 424   | 337   | 285  | 257  | 323   |
| 19.—26. „         | 16               | 186                                          | 146                 | 256              | 216              | 396       | 346   | 236   | 156  | 126  | 88    |
| 26. Sept.—4. Okt. | 2324             | 356                                          | 167                 | 245              | 287              | 316       | 312   | 279   | 187  | 216  | 251   |
| 4.—10. Okt.       | 1420             | 60                                           | 18                  | 28               | 98               | 202       | 176   | 77    | 84   | 78   | 0     |
| 10.—17. „         | 422              | 199                                          | 161                 | 217              | 226              | 247       | 225   | 223   | 217  | 225  | 183   |
| 17.—24. „         | —                | 160                                          | 160                 | 240              | 250              | 330       | 300   | 260   | 210  | 170  | 125   |
| 24.—31. „         | 27               | 157                                          | 157                 | 197              | 167              | 297       | 287   | 297   | 267  | 247  | 147   |
| Summa:            | 32919            | 11862                                        | 9105                | 11727            | 12055            | 15238     | 14323 | 11821 | 9236 | 9052 | 8998  |

Diese Daten stimmen mit einigen unwesentlichen Abweichungen mit denen überein, welche in den beiden Vorjahren ermittelt wurden, wie folgende Zusammenstellung darthut.

Verdunstungsmengen aus der Streudecke pro 400 □cm Fläche.

Bei 5 cm Mächtigkeit.

|      | Eichenlaub. | Buchenlaub. | Fichtennadeln. | Kiefernadeln. | Moos. |
|------|-------------|-------------|----------------|---------------|-------|
| 1886 | 11170       | —           | 11020          | —             | 13609 |
| 1887 | 10518       | —           | 9769           | —             | 11262 |
| 1888 | 11727       | 12055       | 9105           | 11862         | 15238 |

Bei verschiedener Mächtigkeit.

|               | 5 cm | 10 cm | 15 cm | 20 cm | 25 cm | 30 cm |
|---------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Eichenlaub    | 1886 | 11170 | 9013  | —     | 6634  | —     |
|               | 1887 | 10518 | 11289 | —     | 4768  | —     |
| Fichtennadeln | 1886 | 11020 | 9188  | —     | 7661  | —     |
|               | 1887 | 9769  | 11176 | —     | 3491  | —     |
| Moos . . .    | 1888 | 15238 | 14328 | 11821 | 9236  | 9052  |



Die in diesen Zahlen liegenden Gesetzmäßigkeiten lassen sich dahin zusammenfassen,

- 1) daß die Moosstreu von allen Streusorten die größten Wassermengen verdunstet, dann folgt in absteigender Reihe das Eichen- und Buchenlaub, die Kiefern- und Fichtennadeln, jedoch mit nur verhältnißmäßig geringen Unterschieden;
- 2) daß die Verdunstungsmengen um so geringer sind, je mächtiger die Streulage ist, daß aber von einer gewissen Grenze (20 cm) ab mit zunehmender Mächtigkeit die betreffenden Werthe sich stetig nähern.

Hinsichtlich der Ursachen der durch vorstehende Sätze charakterisirten Erscheinungen sind die Darlegungen in der ersten Mittheilung über das Verhalten der Streudecke zum Wasser zu vergleichen<sup>1)</sup>.

## II. Untersuchungen über den Einfluß der Streudecke auf die Erwärmung und Durchfeuchtung des Bodens.

### A. Der Einfluß der Streudecke auf die Bodentemperatur.

In diesen Versuchen wurden aus 3 cm starken Brettern zusammengefügte Holzrahmen von 30 cm Höhe bis zum Rande in die Erde versenkt, nachdem zuvor der Boden an der betreffenden, nach allen Seiten freiliegenden Stelle ausgehoben worden war. Hierauf wurden die einzelnen Abtheilungen, welche von quadratischer Form waren und eine Fläche von 1 qm einnahmen, mit humosem Kalksandboden, der zuvor durch ein grobes Sieb gegangen und sorgfältig gemischt worden war, schichtenweise möglichst fest eingefüllt, und zwar in den Versuchen I und II bis auf 5 resp. 0,5 cm vom Rand des Holzrahmens entfernt, je nach der Mächtigkeit der Streulage. Die oben aufgebraachte Streudecke wurde so sorgfältig als möglich gleichmäßig ausgebreitet und fest zusammengepreßt, sowie, um dieselbe vor Verwehungen zu schützen, mit einem sehr grobmaschigen Drahtnetz bedeckt.

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. X. 1887. S. 442—446.

In dem Versuch III hatten die einzelnen Parzellen eine verschiedene Tiefe, derart, daß die auf dem durchlässigen, aus Kalksteingeröll bestehenden Untergrunde aufruhende Erdschicht überall 24 cm mächtig war und über derselben ein Raum gebildet wurde, der, gemessen bis zum Rande der Holzrahmen, eine der Mächtigkeit der betreffenden Streudecke entsprechende Höhe besaß. Im Uebrigen wurde die Anordnung wie in Versuch I und II getroffen.

Die zuvor und auch während der Versuche in Bezug auf Uebereinstimmung ihrer Angaben sorgfältig geprüften Thermometer wurden mit der Kugel in den Versuchen I und II bis zu 15 cm, im Versuch III bis zu 12 cm Tiefe in die Erde versenkt. Es sei hier hervorgehoben, daß die Tieflage der Thermometerkugel nicht von der Oberfläche der Streuschicht, sondern von derjenigen des Bodens ab bemessen wurde.

Die Ablesungen wurden täglich zweimal um 7 Uhr früh und 5 Uhr Abends vorgenommen, zu denjenigen Terminen, an welchen früheren Untersuchungen zu Folge das Minimum resp. das Maximum der Bodentemperatur in den bezeichneten Tiefen eintritt.

In den folgenden Tabellen sind die fünf- resp. sechstägigen Mittel und die Monatsmittel für die Temperatur des Bodens und deren Schwankungen, sowie eine kurze Charakteristik des Ganges der Witterung übersichtlich zusammengestellt worden:

### 1. Jährlicher Gang der Bodentemperatur.

Versuch 1 (1888).

Mai.

| Datum.  | Lufttemperatur. | Bodentemperatur in 15 cm Tiefe. |             |             |                 |             |       |       | Temperaturschwankungen. |             |             |                 |             |      |      |
|---------|-----------------|---------------------------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|-------|-------|-------------------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|------|------|
|         |                 | Nacht.                          | Eichenlaub. | Buchenlaub. | Fichten-nadeln. | Strohdecke. |       |       | Nacht.                  | Eichenlaub. | Buchenlaub. | Fichten-nadeln. | Strohdecke. |      |      |
|         |                 |                                 |             |             |                 | 5 cm        | 5 cm  | 5 cm  |                         |             |             |                 | 0,5 cm      | 2 cm | 5 cm |
| 1.-5.   | 9,41            | 11,07                           | 9,92        | 9,97        | 10,82           | 10,70       | 10,45 | 10,15 | 6,8                     | 1,8         | 1,3         | 1,7             | 3,8         | 2,1  | 1,1  |
| 6.-10.  | 12,47           | 12,73                           | 11,74       | 11,74       | 12,20           | 12,75       | 12,28 | 11,83 | 6,0                     | 2,2         | 2,1         | 2,2             | 5,0         | 2,8  | 2,0  |
| 11.-15. | 9,96            | 12,03                           | 11,06       | 11,00       | 11,53           | 11,81       | 11,21 | 11,12 | 8,4                     | 6,9         | 2,5         | 2,8             | 6,0         | 4,0  | 2,2  |
| 16.-20. | 12,92           | 14,39                           | 13,24       | 13,22       | 13,64           | 13,78       | 13,52 | 13,35 | 8,1                     | 2,6         | 2,6         | 2,6             | 5,8         | 3,8  | 2,1  |
| 21.-25. | 13,89           | 14,06                           | 12,92       | 12,97       | 13,45           | 13,77       | 13,48 | 13,08 | 11,1                    | 4,5         | 3,8         | 4,1             | 3,5         | 5,8  | 3,6  |
| 26.-31. | 16,63           | 17,39                           | 16,13       | 15,98       | 16,31           | 16,91       | 16,39 | 16,03 | 7,0                     | 2,0         | 1,8         | 1,9             | 4,0         | 3,0  | 1,5  |
| Mittel: | 12,64           | 13,89                           | 12,62       | 12,59       | 12,99           | 13,29       | 13,00 | 12,70 | 7,82                    | 2,63        | 2,35        | 2,55            | 5,52        | 3,58 | 2,33 |

Witterung:

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>1. Fr. bew. u. schw. W. am Tage thlw. bew. Ab. mst. W. N. R. u. mst. W.</p> <p>2. Ver. u. r. Ab. bew. N. abw. bew.</p> <p>3. Bis 8 U. Vorm. meist kl. u. schw. W., dann abw. bew. Von 4 U. Nachm. ab bew. u. mst. W. Ab. u. N. R. u. r.</p> <p>4. Bis Nachm. 4 U. abw. bew., dann kl. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.</p> <p>5. Kl. Von Nachm. ab st. W. u. thlw. bew.</p> <p>6. Abw. bew. u. mst. W. Ab. u. N. kl. u. schw. W.</p> <p>7. Fr. kl. u. schw. W. Vorm. st. W. Nachm. schw. W. Ab. 6<sup>1</sup>/<sub>4</sub> U. G.-R. bis 8<sup>1</sup>/<sub>2</sub> U., dann ver.</p> <p>8. Thlw. bew. bis Nachm. Gegen Ab. G. Ab. u. N. bew.</p> <p>9. Thlw. bew. Ab. u. N. bew.</p> <p>10. Mg. schw. R., dann bew. u. schw. W. Vorm. bis Nachm. 3 U. abw. bew., dann G. u. St. Ab. schw. R. N. bew.</p> <p>11. Abw. bew. u. St. Ab. u. N. bew. u. schw. W.</p> <p>12. Fr. kl. u. mst. W. Von 6<sup>1</sup>/<sub>2</sub> U. ab bew. u. st. W. bis Ab. Vorm. schw. R. Ab. u. N. R. u. r.</p> <p>13. Fr. schw. R., dann bew. bis Nachm., hierauf abw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.</p> <p>14. Fr. nb., dann bis M. bew., dann kl.</p> <p>15. Bis Nachm. 2 U. kl. u. r., dann kl. u. mst. W. Ab. u. N. kl. u. r.</p> <p>16. Bis Nachm. 1 U. kl. u. r., dann kl. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.</p> <p>17. Bis M. kl. u. schw. W., dann thlw. bew. Nachm. 3-3<sup>1</sup>/<sub>2</sub> U. st. R., H.</p> | <p>u. St., dann bew. u. mst. W. Ab. st. R., dann bew. N. thlw. bew.</p> <p>18. Ver. u. r. Ab. u. N. bew.</p> <p>19. Fr. bew. u. mst. W. Vorm. schw. W. u. schw. R. Nachm. u. Ab. bew. u. schw. W. N. R.</p> <p>20. Bis 8 U. Vorm. bew. u. st. W., dann ver. u. st. W. Ab. u. N. abw. bew. u. schw. W.</p> <p>21. Fr. bew. u. schw. W. Von 9 U. Vorm. bis Ab. 6<sup>1</sup>/<sub>2</sub> U. abw. bew. u. st. W., dann G.-R., später bew. u. r. N. thlw. bew.</p> <p>22. Kl. Vorm. u. Nachm. schw. W. Ab. u. N. r. u. schw. bew.</p> <p>23. Bis 10 U. Vorm. kl. u. r., dann schw. bew. bis Nachm. 2 U., dann st. W. Ab. u. N. schw. bew. u. schw. W.</p> <p>24. Fr. r. u. schw. bew., am Tage schw. bew. u. mst. W. Ab. schw. W. N. kl. u. r.</p> <p>25. Meist kl. Fr. r. Nachm. mst. W. Ab. u. N. kl. u. r.</p> <p>26. Bis Nachm. 4 U. kl. u. r., dann thlw. bew. Ab. 8 U. G.-R., dann bew. u. schw. W.</p> <p>27. Bis 9 U. Vorm. bew. u. schw. W., dann abw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. G.-R.</p> <p>28. Fr. bew. u. r., dann schw. R., dann ver. u. schw. W.</p> <p>29. Fr. bew. u. schw. W. Vorm. R. Nachm. ver. Ab. schw. R. N. abw. bew.</p> <p>30. Bew. N. R.</p> <p>31. Bis M. abw. R. u. r. M. st. R. Nachm., abw. R., dann bew. Ab. u. N. abw. R.</p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## Juni.

| Datum.  | Lufttemperatur. | Bodentemperatur in 15 cm Tiefe. |             |       |             |       |                 | Temperaturschwankungen. |      |      |        |             |      |             |      |                 |             |      |  |
|---------|-----------------|---------------------------------|-------------|-------|-------------|-------|-----------------|-------------------------|------|------|--------|-------------|------|-------------|------|-----------------|-------------|------|--|
|         |                 | Nacht.                          | Eichenlaub. |       | Buchenlaub. |       | Fichten-nadeln. | Strohdecke.             |      |      | Nacht. | Eichenlaub. |      | Buchenlaub. |      | Fichten-nadeln. | Strohdecke. |      |  |
|         |                 |                                 | 5 cm        | 5 cm  | 5 cm        | 5 cm  |                 | 0,5 cm                  | 2 cm | 5 cm |        | 0,5 cm      | 2 cm | 5 cm        |      |                 |             |      |  |
| 1.—5.   | 17,98           | 19,05                           | 17,25       | 17,06 | 17,88       | 18,29 | 17,78           | 17,22                   | 10,5 | 4,8  | 3,5    | 3,8         | 7,4  | 5,5         | 3,5  | 7,4             | 5,5         | 3,5  |  |
| 6.—10.  | 15,74           | 18,97                           | 18,22       | 17,98 | 18,33       | 18,60 | 18,34           | 18,23                   | 5,6  | 2,4  | 2,6    | 1,4         | 4,4  | 3,0         | 2,0  | 4,4             | 3,0         | 2,0  |  |
| 11.—15. | 14,75           | 17,21                           | 16,80       | 16,78 | 17,11       | 17,15 | 17,01           | 16,99                   | 6,2  | 2,8  | 2,6    | 3,0         | 5,2  | 4,0         | 2,6  | 5,2             | 4,0         | 2,6  |  |
| 16.—20. | 11,45           | 15,02                           | 15,21       | 15,27 | 15,53       | 15,10 | 15,21           | 15,48                   | 5,7  | 3,8  | 3,5    | 3,5         | 5,3  | 4,2         | 3,3  | 5,3             | 4,2         | 3,3  |  |
| 21.—25. | 14,42           | 16,28                           | 15,89       | 15,88 | 15,86       | 16,01 | 15,74           | 15,59                   | 9,4  | 3,8  | 3,2    | 3,2         | 6,9  | 4,6         | 3,0  | 6,9             | 4,6         | 3,0  |  |
| 26.—30. | 17,32           | 20,87                           | 18,20       | 17,61 | 18,61       | 19,39 | 18,81           | 18,48                   | 7,7  | 3,4  | 2,9    | 2,7         | 5,5  | 3,7         | 2,6  | 5,5             | 3,7         | 2,6  |  |
| Mittel: | 15,28           | 17,82                           | 16,84       | 16,67 | 17,14       | 17,42 | 17,15           | 16,99                   | 7,52 | 3,42 | 3,05   | 2,93        | 5,78 | 4,17        | 2,83 | 5,78            | 4,17        | 2,83 |  |

## Witterung:

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>1. Fr. R. Vorm. bew. u. thlw. R. Nachm. 4<math>\frac{1}{2}</math> U. G.-R. u. mst. W., dann abw. bew. N. kl.</p> <p>2. Fr. kl. 7—9 U. nb., dann kl.</p> <p>3. Kl. u. r. bis Vorm. 11 U., dann mst. W. Nachm. G. Ab. bew. N. kl.</p> <p>4. Kl. Nachm. G. u. mst. W. Ab. bew.</p> <p>5. Bis M. kl. u. r., dann kl. u. schw. W. Ab. G. N. R.</p> <p>6. Fr. R. u. r., dann bis Nachm. bew. u. schw. W. Nachm. u. Ab. G.-R. u. st. W. N. abw. bew. u. r.</p> <p>7. Abw. bew. u. schw. W. N. kl.</p> <p>8. Bis 8<math>\frac{1}{2}</math> U. Vorm. bew., dann bis Nachm. 3 U. abw. bew., dann G. u. st. W. Ab. u. N. abw. bew.</p> <p>9. Fr. thlw. bew., dann bew. u. schw. W. bis M. Von da ab thlw. bew. u. schw. W. Um 4 U. Nachm. G. u. schw. R. N. G.-R.</p> <p>10. Fr. R. u. mst. W., dann thlw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. bew.</p> <p>11. Bis Nachm. 2 U. thlw. bew. u. schw. W. Nachm. u. Ab. bew. N. R.</p> <p>12. Bis Nachm. bew. u. r. Um 3<math>\frac{3}{4}</math> U. Nachm. G.-R., dann abw. R. N. st. R.</p> <p>13. R. u. abw. st. u. schw. W. Ab. u. N. bew.</p> <p>14. Abw. bew. u. mst. W. Ab. bew. u. r. N. kl.</p> <p>15. Fr. r. u. bew. Vorm. 8—10 U. nb., dann abw. bew. u. r. N. R.</p> | <p>16. Fr. bew. u. mst. W. am Tage u. Ab. abw. bew. u. abw. R. schw. W.</p> <p>17. Abw. R.</p> <p>18. Fr. bew. u. r., dann bis M. abw. schw. R., dann bis Nachm. 5<math>\frac{3}{4}</math> U. bew. Von da ab abw. R.</p> <p>19. Fr. bew. u. r., dann abw. R. bis M. M. st. R., dann abw. R. u. mst. W.</p> <p>20. Bis M. ver. u. mst. W. M. R., dann bew., später abw. bew. N. r. u. kl.</p> <p>21. Fr. r. u. kl., dann kl. u. schw. W. Ab. G. N. st. G.-R.</p> <p>22. Fr. bew. u. mst. W. am Tage abw. R. u. mst. W. N. bew. u. mst. W.</p> <p>23. Fr. bew. u. mst. W. Vorm. abw. schw. R., dann abw. bew. u. schw. W.</p> <p>24. Abw. bew. u. schw. W. N. kl. u. r.</p> <p>25. Bis Nachm. 2 U. kl. u. r., dann thlw. bew. Ab. G. N. schw. R.</p> <p>26. Fr. bew. u. schw. W., am Tage abw. bew. u. mst. W. Ab. st. W. N. bew.</p> <p>27. Fr. bew. u. schw. W., dann bis Nachm. 5 U. abw. bew. u. schw. W. Ab. st. G.-R. N. abw. bew.</p> <p>28. Bis 10 U. Vorm. nb., dann abw. bew. Ab. meist kl. N. kl.</p> <p>29. Kl. u. abw. st. u. schw. W. N. kl. u. r.</p> <p>30. Fr. kl. u. r., am Tage kl. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.</p> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Jul.

| Datum.  | Lufttemperatur. | Bodentemperatur in 15 cm Tiefe. |             |             |                 |             |       |       | Temperaturschwankungen. |             |             |                 |             |      |      |
|---------|-----------------|---------------------------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|-------|-------|-------------------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|------|------|
|         |                 | Nacht.                          | Eichenlaub. | Buchenlaub. | Fichten-nadeln. | Strohdecke. |       |       | Nacht.                  | Eichenlaub. | Buchenlaub. | Fichten-nadeln. | Strohdecke. |      |      |
|         |                 |                                 |             |             |                 | 5 cm        | 5 cm  | 5 cm  |                         |             |             |                 | 0,5 cm      | 2 cm | 5 cm |
| 1.-5.   | 20,47           | 21,89                           | 20,64       | 20,36       | 20,50           | 21,60       | 20,88 | 20,42 | 7,8                     | 3,6         | 3,3         | 2,9             | 6,2         | 4,1  | 2,6  |
| 6-10.   | 20,71           | 23,23                           | 21,28       | 20,95       | 21,16           | 22,19       | 21,52 | 21,22 | 6,7                     | 2,6         | 2,1         | 1,4             | 5,6         | 2,9  | 1,3  |
| 11.-15. | 19,02           | 21,53                           | 20,99       | 20,96       | 21,03           | 21,30       | 21,11 | 20,95 | 8,8                     | 4,4         | 4,2         | 2,7             | 6,6         | 4,7  | 2,4  |
| 16.-20. | 12,24           | 15,54                           | 16,04       | 16,07       | 16,75           | 15,60       | 15,99 | 16,64 | 4,2                     | 3,3         | 3,0         | 3,1             | 3,9         | 3,2  | 3,1  |
| 21-25.  | 13,13           | 16,64                           | 16,09       | 16,10       | 16,25           | 16,11       | 16,01 | 16,02 | 6,3                     | 3,6         | 3,6         | 2,4             | 6,0         | 3,7  | 1,8  |
| 26.-31. | 13,05           | 15,55                           | 15,64       | 15,71       | 15,91           | 15,63       | 15,54 | 15,61 | 5,6                     | 2,6         | 2,5         | 1,7             | 4,6         | 2,5  | 1,6  |
| Mittel: | 16,33           | 19,11                           | 18,96       | 18,28       | 18,51           | 18,64       | 18,40 | 18,98 | 6,57                    | 3,35        | 3,12        | 2,37            | 5,48        | 3,52 | 2,13 |

Witterung:

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>1. Bis Nachm. r. u. kl., dann thlw. bew. Ab. G. N. r. u. kl.</p> <p>2. Vorm. r. u. kl. Nachm. thlw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.</p> <p>3. Fr. r. u. kl., am Tage kl. u. schw. W. Ab. r.</p> <p>4. Kl. u. r. N. G. u. st. W.</p> <p>5. Abw. bew. u. mst. W. N. meist kl. u. r.</p> <p>6. Abw. bew. u. r. Ab. meist W. N. schw. W.</p> <p>7. Abw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. G.-R. u. mst. W.</p> <p>8. Ab. bew. u. r. N. G. u. schw. R.</p> <p>9. Fr. bew. u. schw. W. Von 6-7 U. schw. R., am Tage abw. bew. u. schw. W., dann kl. u. r.</p> <p>10. Bis 9 U. Vorm. kl. u. r., dann thlw. bew. M. u. Nachm. G. Nachm. 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub> U. bis 4 U. r., dann abw. bew. Ab. u. N. st. G.-R.</p> <p>11. Fr. bew. u. r., am Tage abw. bew. Ab. u. N. G. u. thlw. R.</p> <p>12. Fr. G.-R., dann bew., am Tage abw. bew. u. schw. W. N. meist kl. u. schw. W.</p> <p>13. Bis M. kl. u. r., dann G. Von 3 U. Nachm. ab thlw. G.-R. u. H. Ab. st. G.-R. N. bew. u. r.</p> <p>14. Fr. bew. u. r. Vorm. 7-7<sup>1</sup>/<sub>2</sub> U. R., dann abw. bew. Nachm. G.-R. u. st. W. Ab. u. N. R. u. schw. W.</p> <p>15. Fr. u. Vorm. abw. R. u. bew., dann abw. bew. u. st. W. Ab. kl. u. r. N. bew. u. schw. W.</p> <p>16. Bis Nachm. bew., dann G. u. st. W. Ab. u. N. abw. bew. u. mst. W.</p> | <p>17. Fr. bew. u. mst. W. Bis Nachm. ver. Von 3 U. ab schw. R. Ab. u. N. bew. u. schw. W.</p> <p>18. Fr. R. u. mst. W., dann thlw. schw. R. u. st. W. Ab. u. N. abw. st. R. u. mst. W.</p> <p>19. Bew. u. ver. W., thlw. schw. R. Ab. u. N. ver. thlw. schw. R.</p> <p>20. Bis Nachm. bew. u. r. Von 4 U. ab R. Ab. u. N. ver.</p> <p>21. Bis 11 U. Vorm. R. u. r., dann bew. u. mst. W. Ab. kl. N. abw. bew.</p> <p>22. Schw. R. u. r. Ab. u. N. abw. R.</p> <p>23. Bis 8 U. Vorm. R., dann ver. u. schw. W. Ab. G. Von 8<sup>1</sup>/<sub>2</sub>-9 U. R. N. ver.</p> <p>24. Abw. bew. u. schw. W. Ab. G. Von 7<sup>3</sup>/<sub>4</sub>-9<sup>1</sup>/<sub>4</sub> U. st. G.-R. N. bew. u. schw. W.</p> <p>25. Fr. bew. u. mst. W., dann bis Nachm. 4 U. abw. bew. u. ver., dann G. Von 5-5<sup>1</sup>/<sub>2</sub> U. st. G.-R., dann ver. u. r.</p> <p>26. Fr. bew. u. mst. W., dann thlw. bew. u. abw. R. Von 4<sup>1</sup>/<sub>2</sub> U. Nachm. ab bew. u. schw. W. N. meist kl.</p> <p>27. Bis Nachm. 4 U. ver. u. thlw. R., dann ver. u. mst. W.</p> <p>28. Bis Nachm. bew. u. abw. R. Von 3<sup>3</sup>/<sub>4</sub>-4 U. st. R. u. H. Ab. u. N. abw. R. u. mst. W.</p> <p>29. Fr. schw. R., am Tage abw. bew. u. mst. W. Ab. u. N. abw. bew. u. r.</p> <p>30. Abw. bew. u. schw. W. N. bew. u. r.</p> <p>31. Bis 9<sup>1</sup>/<sub>2</sub> U. Vorm. bew. u. r., dann bis Nachm. abw. R., dann bew. u. schw. W.</p> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## August.

| Datum.  | Lufttemperatur. | Bodentemperatur in 15 cm Tiefe. |             |             |                 |             |       |       | Temperaturschwankungen. |             |             |                 |             |      |      |
|---------|-----------------|---------------------------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|-------|-------|-------------------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|------|------|
|         |                 | Nacht.                          | Eichenlaub. | Buchenlaub. | Fichten-nadeln. | Strohdecke. |       |       | Nacht.                  | Eichenlaub. | Buchenlaub. | Fichten-nadeln. | Strohdecke. |      |      |
|         |                 |                                 |             |             |                 | 0,5cm       | 2cm   | 5cm   |                         |             |             |                 | 0,5cm       | 2cm  | 5cm  |
| 1.—5.   | 14,70           | 16,78                           | 16,42       | 16,48       | 16,52           | 16,66       | 16,31 | 16,85 | 6,2                     | 3,3         | 3,6         | 2,2             | 5,7         | 3,5  | 2,3  |
| 6.—10.  | 15,27           | 17,30                           | 16,90       | 16,83       | 17,29           | 17,23       | 17,10 | 17,22 | 7,2                     | 3,7         | 3,6         | 2,0             | 5,6         | 3,3  | 2,1  |
| 11.—15. | 16,83           | 18,63                           | 17,53       | 17,57       | 17,46           | 17,92       | 17,44 | 17,43 | 9,6                     | 5,8         | 5,4         | 3,2             | 7,9         | 5,0  | 3,2  |
| 16.—20. | 12,74           | 16,85                           | 16,24       | 16,28       | 16,50           | 16,19       | 16,28 | 16,47 | 7,4                     | 4,2         | 3,7         | 2,2             | 5,4         | 3,2  | 2,2  |
| 21.—25. | 17,58           | 19,17                           | 17,23       | 16,94       | 17,66           | 18,62       | 18,02 | 17,78 | 8,2                     | 5,9         | 4,7         | 3,3             | 7,1         | 4,7  | 3,2  |
| 26.—31. | 18,08           | 19,22                           | 18,02       | 17,93       | 18,01           | 18,61       | 18,17 | 17,86 | 6,0                     | 4,5         | 3,3         | 1,7             | 6,1         | 3,3  | 1,6  |
| Mittel: | 15,94           | 17,77                           | 17,09       | 17,04       | 17,27           | 17,54       | 17,26 | 17,24 | 7,43                    | 4,57        | 4,06        | 2,42            | 6,13        | 3,38 | 2,43 |

## Witterung:

1. Abw. bew. u. mst. W. Von 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> bis 2<sup>3</sup>/<sub>4</sub> U. Nachm. G.-R., dann bew. u. st. W. Ab. abw. R. N. bew.
2. Abw. bew. u. mst. W. Ab. u. N. bew. u. r.
3. Fr. bew. u. r. Von 9—11 U. Vorm. mehr kl., dann abw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. bew. u. r.
4. Fr. bew. u. r. Vorm. nb., dann kl. Nachm. 2 U. G.-R., dann bew. u. r. Ab. G.-R. N. ver.
5. Abw. bew., mehr kl.
6. Bis 10 U. Vorm. bew. u. schw. W., dann bis 4 U. Nachm. thlw. bew. Von da ab kl.
7. Bis 10 U. Vorm. thlw. bew. u. schw. W., dann bew. M. R. Nachm. st. W. Ab. G.-R. u. St. N. ver.
8. Fr. thlw. bew. u. r., am Tage abw. bew. Ab. u. N. bew.
9. Bis 10 U. Vorm. ver., dann bew. M. u. Nachm. abw. R. Ebenso Ab. u. N.
10. Abw. bew. u. mst. W.
11. Fr. abw. bew. u. mst. W. Von 9 U. Vorm. bis Nachm. 5 U. meist kl. u. St., dann schw. W.
12. Abw. bew. u. mst. W. Ab. u. N. kl. u. r.
13. Kl., am Tage schw. W. Ab. u. N. r.
14. Kl. u. r. Ab. u. N. kl. u. schw. W.
15. Bis M. abw. bew. u. mst. W. Nachm. st. G.-R. u. st. W. Ab. u. N. abw. R. u. st. W.
16. Bis Nachm. 3 U. abw. R. u. r., dann bew. u. schw. W. Ab. abw. R. u. schw. W. N. ebenso, aber st. W.
17. Abw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
18. Fr. kl. u. r., dann abw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
19. Fr. kl. u. r., am Tage meist kl. Ebenso Ab. u. N.
20. Fr. kl. u. r., dann mst. W. Von Nachm. 3 U. ab bew. u. mst. W. Ab. u. N. meist kl. u. r.
21. Kl. u. r.
22. Kl. fr. r., am Tage schw. W. Ebenso Ab. u. N.
23. Kl. u. r. Nachm. G. Ab. bew. N. kl. u. r.
24. Fr. kl. u. r., sonst kl. u. schw. W.
25. Bis 11 U. nb. u. schw. W., dann abw. bew. u. mst. W. N. kl. u. r.
26. Kl. u. r.
27. Kl. fr. schw. W., am Tage u. N. r.
28. Abw. bew. u. schw. W. Nachm. G.-R., dann bew. N. kl. u. r.
29. Fr. kl. u. schw. W., dann leicht bew. Von M. ab mst. W. Ab. r. N. meist kl. u. r.
30. Abw. bew. fr. r., am Tage schw. W. N. r. u. kl.
31. Kl. fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. meist kl. u. r.

September.

| Datum.    | Lufttemperatur. | Bodentemperatur in 16 cm Tiefe. |             |             |                 |             |       |       | Temperaturschwankungen. |             |             |                 |             |      |      |
|-----------|-----------------|---------------------------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|-------|-------|-------------------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|------|------|
|           |                 | Nacht.                          | Eichenlaub. | Buchenlaub. | Fichten-nadeln. | Strohdecke. |       |       | Nacht.                  | Eichenlaub. | Buchenlaub. | Fichten-nadeln. | Strohdecke. |      |      |
|           |                 |                                 |             |             |                 | 5 cm        | 2 cm  | 5 cm  |                         |             |             |                 | 5 cm        | 2 cm | 5 cm |
| 1. - 5.   | 15,33           | 17,96                           | 17,49       | 17,19       | 17,64           | 17,63       | 17,48 | 17,64 | 8,0                     | 4,9         | 4,3         | 2,5             | 6,9         | 4,9  | 1,6  |
| 6. - 10.  | 11,16           | 14,28                           | 15,09       | 15,24       | 15,56           | 14,94       | 15,24 | 15,57 | 5,7                     | 3,9         | 3,2         | 2,1             | 4,7         | 3,1  | 2,2  |
| 11. - 15. | 13,09           | 15,38                           | 14,51       | 14,36       | 15,14           | 15,26       | 15,25 | 15,20 | 9,0                     | 3,4         | 2,5         | 2,7             | 7,0         | 4,2  | 2,7  |
| 16. - 20. | 13,82           | 16,16                           | 15,65       | 15,59       | 15,71           | 15,88       | 15,77 | 15,78 | 5,6                     | 1,1         | 1,3         | 1,5             | 4,3         | 2,5  | 1,7  |
| 21. - 25. | 12,00           | 14,05                           | 14,52       | 14,37       | 14,66           | 14,16       | 14,32 | 14,55 | 4,1                     | 1,7         | 1,1         | 1,9             | 3,6         | 2,5  | 2,0  |
| 26. - 30. | 11,66           | 13,77                           | 14,10       | 14,06       | 14,23           | 13,89       | 14,06 | 14,26 | 5,8                     | 1,5         | 2,2         | 1,3             | 4,6         | 2,9  | 2,2  |
| Mittel:   | 12,84           | 15,46                           | 15,23       | 15,22       | 15,47           | 15,29       | 15,35 | 15,50 | 6,37                    | 2,75        | 2,40        | 2,08            | 5,18        | 3,23 | 2,07 |

Witterung:

1. Fr. bew. u. schw. W., am Tage abw. bew. Ab. 8 U. G. u. schw. R., dann abw. bew.
2. Bis 10 U. Vorm. kl., dann abw. bew. bis 2 U. Nachm., dann bew. Um 5<sup>1</sup>/<sub>2</sub> U. G.-R. St. u. H. Von 10 U. ab abw. bew.
3. Ver. u. st. W. Ab. kl. u. r. N. kl. u. schw. W.
4. Bis Nachm. 4<sup>3</sup>/<sub>4</sub> U. ver. u. ver. W., dann G.-R. u. st. W.
5. Bis 10 U. Vorm. bew. u. mst. W., dann abw. bew. Ab. bew. u. G.-R. N. R. u. mst. W.
6. Abw. R. Nachm. u. Ab. ver. u. r.
7. Fr. schw. W., am Tage r. u. abw. bew.
8. Abw. bew. u. r. Ab. u. N. kl.
9. Bew. u. abw. R.
10. Kl. u. r.
11. Fr. kl. u. r., am Tage kl. u. schw. W. Ab. u. N. bew.
12. Fr. kl., dann bew. u. mst. W. N. r.
13. Fr. bew. u. r., sonst abw. bew. u. schw. W.
14. Bis 10 U. Vorm. nb., dann abw. bew. Nachm. u. Ab. bew. Ebenso N.
15. Abw. bew. u. r. N. kl. u. r.
16. Fr. nb. am Tage abw. bew. u. schw. W. Ab. G.-R. N. R.
17. Fr. bew. Vorm. 7 - 9 U. schw. R., dann ver. Nachm. bew. N. thlw. R.
18. Fr. nb. Von 8 - 9<sup>1</sup>/<sub>2</sub> U. Vorm. R. u. schw. W., dann ver. Nachm. bew. u. R. Ab. ver. N. kl. thlw. nb.
19. Bis 10 U. Vorm. nb., dann bew. Nachm. kl. Ab. u. N. kl. u. r.
20. Bis 9 U. Vorm. nb., dann meist kl. Ab. u. N. bew. u. r.
21. Bis 6<sup>3</sup>/<sub>4</sub> U. fr. bew. u. r., dann abw. R. u. ver. W. Ab. ver. N. kl. u. r.
22. Bis M. bew. u. r., dann R. u. mst. W. Von 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> U. Nachm. ab bew. u. mst. W. Ab. St. N. bew. u. mst. W.
23. Bew. u. mst. W. Ab. schw. W. N. kl. u. r.
24. Bis 10 U. Vorm. kl. u. r., dann meist kl. Ab. u. N. bew. u. r.
25. Bis 7<sup>3</sup>/<sub>4</sub> U. Vorm. bew. u. r., dann abw. R. u. mst. W. Nachm. ver. Ab. bew. u. G., dann ver. u. mst. W.
26. Abw. bew. meist v. Ab. u. N. kl. u. r.
27. Abw. bew. u. schw. W. Ab. bew. Um 10 U. st. R. u. st. W.
28. Fr. bew. Von 7 - 9 U. Vorm. schw. R., dann bew. u. mst. W. Von 5 U. Nachm. ab meist kl. u. r. N. kl. u. r.
29. Bis Nachm. 4 U. kl. u. r., dann bew. u. sch. W. Ab. R.
30. Bis M. R., dann abw. R. Von 2 - 5 U. Nachm. bew. Ab. u. N. kl. u. r.

## Oktober.

| Datum.  | Lufttemperatur. | Bodentemperatur in 15 cm Tiefe. |             |       |        |       |          |             | Temperaturschwankungen. |      |        |         |      |        |      |          |             |      |      |
|---------|-----------------|---------------------------------|-------------|-------|--------|-------|----------|-------------|-------------------------|------|--------|---------|------|--------|------|----------|-------------|------|------|
|         |                 | Nacht.                          | Eichenlaub. |       | Buche- |       | Fichten- | Strohdecke. |                         |      | Nacht. | Eichen- |      | Buche- |      | Fichten- | Strohdecke. |      |      |
|         |                 |                                 | 5 cm        | 5 cm  | 5 cm   | 5 cm  |          | 5 cm        | 5 cm                    | 5 cm |        | 5 cm    | 5 cm | 5 cm   | 5 cm |          | 0,5 cm      | 2 cm | 5 cm |
|         |                 |                                 |             |       |        |       |          |             |                         |      |        |         |      |        |      |          |             |      |      |
| 1.—5.   | 6,73            | 10,06                           | 11,39       | 11,98 | 11,87  | 10,16 | 10,82    | 11,22       | 4,5                     | 2,1  | 1,3    | 1,9     | 4,0  | 2,6    | 2,1  |          |             |      |      |
| 6.—10.  | 4,88            | 8,48                            | 9,27        | 9,39  | 9,41   | 8,53  | 9,01     | 9,30        | 4,8                     | 1,1  | 1,2    | 1,3     | 4,2  | 2,6    | 1,6  |          |             |      |      |
| 11.—15. | 6,96            | 9,35                            | 9,48        | 9,70  | 10,62  | 9,33  | 9,64     | 9,78        | 4,5                     | 1,0  | 1,3    | 1,1     | 3,5  | 1,9    | 1,2  |          |             |      |      |
| 16.—20. | 10,07           | 9,73                            | 9,98        | 10,02 | 10,02  | 9,77  | 9,99     | 10,12       | 3,8                     | 1,0  | 1,1    | 1,2     | 3,2  | 1,7    | 1,2  |          |             |      |      |
| 21.—25. | 5,96            | 8,04                            | 8,64        | 8,78  | 8,98   | 8,06  | 8,56     | 8,75        | 4,5                     | 2,6  | 2,6    | 2,3     | 4,1  | 3,3    | 2,0  |          |             |      |      |
| 26.—31. | 6,96            | 8,87                            | 9,00        | 9,27  | 9,20   | 8,74  | 9,08     | 9,15        | 3,8                     | 1,5  | 1,5    | 1,4     | 3,4  | 2,4    | 1,8  |          |             |      |      |
| Mittel: | 6,91            | 9,04                            | 9,61        | 9,74  | 9,90   | 9,09  | 9,50     | 9,70        | 4,32                    | 1,55 | 1,50   | 1,53    | 3,73 | 2,42   | 1,65 |          |             |      |      |

## Witterung:

1. Fr. nb. Von 7—9 $\frac{1}{2}$  U. Vorm. schw. R., dann bew. u. schw. W. Ab. u. N. thlw. bew.
2. Abw. bew. Ab. bew. Nach Mn. kl.
3. Meist kl. u. ver. W.
4. Bis Nachm. 1 U. ver. u. mst. W., dann bew. u. st. W. Von 3—6 U. Nachm. schw. R., dann bew. u. schw. W. N. meist kl.
5. Fr. Rf. Vorm. thlw. bew. Nachm. bew. u. mst. W. Ab. u. N. R.
6. Bis M. schw. R. Von da ab abw. R. u. H. Ab. u. N. abw. R.
7. Bis M. schw. R. u. schw. W. Ab. schw. bew. N. kl.
8. Fr. Rf. Bis Nachm. thlw. bew. Nachm. bew. Ab. u. N. meist kl.
9. Meist kl. u. ver. W.
10. Fr. nb. sonst meist kl. u. r.
11. Schw. bew. N. kl.
12. Am Tage kl. Von 5 $\frac{1}{2}$  U. Nachm. ab nb.
13. Bis Nachm. 4 $\frac{1}{2}$  U. nb., dann kl. u. r. N. nb.
14. Bis Nachm. 4 $\frac{1}{2}$  U. nb., später kl.
15. Bis Vorm. 9 U. nb., dann kl. Von 3 U. Nachm. ab schw. bew. Ab. u. N. kl.
16. Fr. Rf., sonst meist kl. u. schw. W. Ab. u. N. schw. bew.
17. Vorm. bew. u. r. M. schw. R. Nachm. abw. bew. u. st. W. Ab. u. N. thlw. St. u. schw. R.
18. Fr. St. u. bew. Von 8 U. Vorm. ab bis M. R. u. St., dann bew. u. st. W. Ab. u. N. kl. u. schw. W.
19. Bis M. abw. bew. u. schw. W., dann bew. u. r. N. thlw. R. u. schw. W.
20. Fr. abw. bew. u. mst. W. Von M. ab meist kl. u. st. W. Ab. kl. Mn. abw. R. u. St.
21. Fr. R. u. st. W. Von 6 U. Mg. ab bew. u. mst. W. N. R. u. mst. W.
22. R. u. schw. W. Ab. u. N. abw. R.
23. Fr. u. Vorm. R. u. r., dann bew. Ab. u. N. kl. u. r.
24. Fr. Rf. u. abw. bew. Am Tage abw. bew. u. mst. W. Von 3 U. Nachm. ab bew. u. st. W. N. abw. R.
25. Fr. bew. u. mst. W. Von 8—9 $\frac{1}{2}$  U. Vorm. R., dann bew. u. thlw. st. W. Ab. u. N. abw. bew. u. schw. W.
26. Fr. schw. bew. u. r., dann meist kl. u. schw. W. Mn. nb.
27. Fr. nb. u. schw. W., dann kl. u. r.
28. Nb. u. r.
29. Nb. u. r.
30. Nb. u. r. N. schw. R.
31. Nb. u. r. Fr. schw. R.



Versuch II (1884).

April.

| Datum.  | Lufttemperatur. | Bodentemperatur in 15 cm Tiefe. |       |       |              |                 |             |      | Temperaturschwankungen. |        |       |       |              |                 |             |      |      |
|---------|-----------------|---------------------------------|-------|-------|--------------|-----------------|-------------|------|-------------------------|--------|-------|-------|--------------|-----------------|-------------|------|------|
|         |                 | Nacht.                          | Gras. | Moos. | Buchen-laub. | Fichten-nadeln. | Strohdecke. |      |                         | Nacht. | Gras. | Moos. | Buchen-laub. | Fichten-nadeln. | Strohdecke. |      |      |
|         |                 |                                 |       |       |              |                 | 0,5cm       | 2cm  | 5cm                     |        |       |       |              |                 | 0,5cm       | 2cm  | 5cm  |
| 1.—5.   | 8,90            | 8,67                            | 8,51  | 7,62  | 7,48         | 7,74            | 8,19        | 7,88 | 7,64                    | 5,3    | 1,8   | 1,3   | 1,4          | 2,4             | 3,6         | 2,9  | 1,9  |
| 6.—10.  | 7,74            | 8,99                            | 8,31  | 8,43  | 8,22         | 8,59            | 8,69        | 8,56 | 8,41                    | 6,6    | 2,8   | 1,6   | 1,6          | 2,4             | 5,0         | 3,7  | 2,1  |
| 11.—15. | 4,94            | 7,17                            | 7,66  | 7,31  | 7,27         | 7,50            | 7,34        | 7,34 | 7,35                    | 6,4    | 1,9   | 1,2   | 1,2          | 1,7             | 3,6         | 2,9  | 1,8  |
| 16.—20. | 3,74            | 6,75                            | 7,17  | 6,94  | 6,96         | 7,10            | 6,90        | 6,89 | 7,01                    | 4,0    | 1,8   | 1,3   | 1,5          | 1,5             | 2,7         | 2,3  | 1,2  |
| 21.—25. | 4,06            | 7,06                            | 7,27  | 6,98  | 6,93         | 7,22            | 7,18        | 7,04 | 7,22                    | 3,5    | 0,9   | 0,9   | 1,1          | 1,2             | 1,8         | 1,8  | 0,8  |
| 26.—30. | 6,96            | 8,55                            | 8,11  | 7,75  | 7,66         | 8,05            | 8,26        | 8,16 | 7,84                    | 8,2    | 3,0   | 2,4   | 2,4          | 3,0             | 5,2         | 4,5  | 2,4  |
| Mittel: | 6,06            | 7,86                            | 7,92  | 7,50  | 7,42         | 7,70            | 7,76        | 7,64 | 7,58                    | 5,67   | 2,08  | 1,45  | 1,58         | 2,03            | 3,65        | 3,02 | 1,62 |

Witterung:

- |                                                                                                                                  |                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Fr. Rf., sonst kl. Vorm. r. Nachm. schw. W.                                                                                   | 17. Bis Nachm. 5 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> U. bew. u. mst. W., dann R. u. mst. W.                                                               |
| 2. Fr. Rf., am Tage meist kl. Ebenso N.                                                                                          | 18. Fr. bew. u. mst. W. Von 9 U. Vorm. bis 3 U. Nachm. schw. R., dann bew. u. mst. W. N. r.                                                       |
| 3. Fr. Rf., am Tage kl. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. mst. W.                                                                     | 19. Fr. nb. Vorm. abw. schw. R. u. S. Nachm. bew. u. schw. W. Ebenso Ab. u. N.                                                                    |
| 4. Fr. Rf., am Tage thlw. schw. bew. u. mst. W. Nachm. kl. u. r. Ebenso Ab. u. N.                                                | 20. Abw. bew. u. ver. W.                                                                                                                          |
| 5. Schw. bew. u. mst. W. Von Nachm. 5 U. ab bew. N. thlw. bew.                                                                   | 21. Fr. bew. u. r. Vorm. abw. bew. Nachm. bew. u. schw. W. Ab. u. N. abw. bew.                                                                    |
| 6. Thlw. schw. bew. N. kl.                                                                                                       | 22. Abw. bew. u. schw. W.                                                                                                                         |
| 7. Bis Nachm. thlw. schw. bew. Nachm. von 4 U. ab G.-R. u. schw. W. Ab. u. N. st. R. u. st. W.                                   | 23. Bis M. bew. u. r. Nachm. abw. bew. Ab. schw. R. N. bew.                                                                                       |
| 8. Bis 1 U. M. abw. st. R. u. st. W., dann bew. Von 3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> U. Nachm. ab abw. bew. u. st. W. Ab. u. N. kl. | 24. Bis Nachm. 3 U. bew. u. schw. W., dann abw. bew. u. mst. W. Ab. u. N. R. u. schw. W.                                                          |
| 9. Kl. u. schw. W. Ab. schw. bew. N. bew. u. mst. W.                                                                             | 25. Bis M. bew. u. r. Nachm. abw. bew. Ab. thlw. bew. N. kl.                                                                                      |
| 10. Bis 10 U. Vorm. abw. bew. u. schw. W., dann bew. Von 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> —4 U. Nachm. R., dann ver. N. R.          | 26. Fr. Rf. Bis Nachm. schw. bew., dann bew. u. schw. W. Ab. u. N. bew. u. r.                                                                     |
| 11. Fr. u. Vorm. bew. u. schw. W. Von 10 U. Vorm. ab schw. R. Von M. ab auch S., so bis zur N.                                   | 27. Bis M. 1 U. R. u. r., dann bew. u. schw. W.                                                                                                   |
| 12. Abw. bew. u. schw. W. N. kl.                                                                                                 | 28. Bis Nachm. 2 U. abw. bew., dann G. Von 4—5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> U. Nachm. R., darauf bew. u. mst. W.                                   |
| 13. Fr. Rf., am Tage meist kl. u. schw. W. N. bew. u. schw. W.                                                                   | 29. Fr. Rf. u. r., dann bis 10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> U. Vorm. nb. u. schw. W., dann thlw. bew. u. mst. W. Von 4 U. Nachm. ab kl. u. mst. W. |
| 14. Bis Nachm. 3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> U. bew. u. schw. W., dann bis 5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> U. R. Ab. u. N. R.      | 30. Fr. Rf. Von 8—9 U. Vorm. nb., dann thlw. bew. Nachm., Ab. u. N. bew.                                                                          |
| 15. Bis 10 U. Vorm. bew. u. mst. W., dann bis zur N. abw. schw. R.                                                               |                                                                                                                                                   |
| 16. Fr. bew. u. r., am Tage abw. bew. u. schw. W. Ebenso Ab. u. N.                                                               |                                                                                                                                                   |

## Mai.

| Datum.    | Lufttemperatur. | Bodentemperatur in 15 cm Tiefe. |       |               |                          |                             |             | Temperaturschwankungen. |       |        |       |               |                          |                             |             |      |      |
|-----------|-----------------|---------------------------------|-------|---------------|--------------------------|-----------------------------|-------------|-------------------------|-------|--------|-------|---------------|--------------------------|-----------------------------|-------------|------|------|
|           |                 | Nacht.                          | Gras. | Moos.<br>5 cm | Buchen-<br>laub.<br>5 cm | Fichten-<br>nadeln.<br>5 cm | Strohdecke. |                         |       | Nacht. | Gras. | Moos.<br>5 cm | Buchen-<br>laub.<br>5 cm | Fichten-<br>nadeln.<br>5 cm | Strohdecke. |      |      |
|           |                 |                                 |       |               |                          |                             | 0,5 cm      | 2 cm                    | 5 cm  |        |       |               |                          |                             | 0,5 cm      | 2 cm | 5 cm |
|           |                 |                                 |       |               |                          |                             |             |                         |       |        |       |               |                          |                             |             |      |      |
| 1. - 5.   | 9,54            | 9,74                            | 9,22  | 9,15          | 9,17                     | 9,52                        | 9,58        | 9,47                    | 9,31  | 3,6    | 3,5   | 0,8           | 0,7                      | 1,0                         | 2,2         | 1,6  | 0,7  |
| 6. - 10.  | 10,57           | 11,19                           | 10,17 | 9,97          | 10,13                    | 10,27                       | 10,39       | 10,52                   | 10,17 | 11,3   | 3,9   | 3,5           | 4,0                      | 4,0                         | 7,4         | 6,2  | 4,2  |
| 11. - 15. | 16,52           | 16,49                           | 14,00 | 14,28         | 13,79                    | 14,46                       | 15,27       | 14,93                   | 14,10 | 9,7    | 3,5   | 3,9           | 3,6                      | 3,9                         | 6,6         | 5,3  | 3,6  |
| 16. - 20. | 16,88           | 17,32                           | 14,79 | 15,21         | 14,76                    | 15,24                       | 15,97       | 15,66                   | 14,90 | 10,6   | 3,3   | 3,0           | 3,2                      | 3,1                         | 6,4         | 5,3  | 3,1  |
| 21. - 25. | 14,69           | 17,56                           | 15,22 | 15,56         | 15,20                    | 15,61                       | 16,23       | 15,85                   | 15,34 | 9,1    | 2,4   | 2,2           | 2,3                      | 2,3                         | 6,0         | 4,5  | 2,2  |
| 26. - 31. | 11,56           | 17,66                           | 15,57 | 15,80         | 15,26                    | 15,82                       | 16,62       | 15,73                   | 15,81 | 7,9    | 2,4   | 1,8           | 2,5                      | 2,1                         | 5,0         | 4,0  | 1,8  |
| Mittel:   | 13,24           | 15,08                           | 13,24 | 13,41         | 13,12                    | 13,56                       | 14,11       | 13,76                   | 13,31 | 8,70   | 3,17  | 2,53          | 2,72                     | 2,73                        | 5,51        | 4,48 | 2,60 |

## Witterung:

1. Fr. schw. W. u. abw. bew. M. G. u. schw. R., dann bew. u. mst. W.
2. Bew. u. st. W. Nachm. u. Ab. St.
3. Bis 9 U. Vorm. R., dann bew. u. mst. W. Ab. schw. W. u. abw. bew. Mn. bew.
4. Fr. bew. u. schw. R. bis 8 U., dann bew. u. st. W. Nachm. von 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub>—4<sup>3</sup>/<sub>4</sub> U. st. R., dann st. W. Ab. abw. bew. N. abw. R.
5. Fr. schw. W., dann st. W. Von 10 U. ab abw. R. Ab. schw. W. u. bew. N. kl. u. r.
6. Abw. bew. u. schw. W. N. abw. st. R.
7. Bis 9 U. Vorm. R. u. schw. W., dann abw. bew. Ab. r. N. kl. u. r.
8. Fr. r. u. schw. Rf. Von 7—8 U. nb., dann kl. bis Nachm. Ab. abw. bew. N. kl. u. r.
9. Bis Nachm. kl. u. schw. W., dann mst. W. Ab. u. N. kl. u. r.
10. Kl. Fr. schw. W., am Tage mst. W. Ab. r.
11. Kl. Am Tage schw. W., sonst r.
12. Kl. u. r. N. abw. bew.
13. Bis Nachm. kl. u. schw. W. Nachm. G. u. abw. st. W. Ab. G. N. r. u. meist kl.
14. Schw. W. Vorm. meist kl. Nachm. G. Ab. von 7<sup>1</sup>/<sub>2</sub> U. ab st. W. u. abw. G.-R.
15. Bis 6 U. fr. R. u. mst. W., dann bew. Ab. schw. W. meist kl. N. ver.
16. Bew. u. mst. W. Ab. von 6—7 U. schw. R., dann ver. Mn. kl.
17. Meist kl., fr. schw. W., am Tage mst. W. Ab. u. N. r.
18. Abw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. r. u. meist kl.
19. Bis M. thlw. bew. Nachm. G. Ab. r. N. mst. kl.
20. Schw. bew., fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. abw. bew.
21. Fr. nb. u. schw. W., so auch am Tage. Ab. abw. bew. Mn. st. W.
22. Bis 7 U. fr. abw. bew. u. schw. W., dann meist kl. u. st. W. Ab. u. N. kl. u. r.
23. Kl. u. ver. W. N. kl. u. r.
24. Kl. u. ver. W. Ab. u. N. kl. u. r.
25. Kl. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
26. Fr. nb. u. schw. W., dann thlw. bew. u. mst. W. Ab. kl. u. schw. W.
27. Kl. u. schw. W.
28. Fr. kl. u. schw. W., dann thlw. bew. u. abw. st. W. Ab. u. N. schw. W.
29. Meist kl. u. schw. W.
30. Bis Nachm. kl. u. ver. W. Nachm. schw. bew. u. st. W. Ab. bew. u. r.
31. Bis 7<sup>1</sup>/<sub>2</sub> U. fr. r. u. abw. schw. R., dann bis Nachm. ver. u. mst. W. Von 2—2<sup>3</sup>/<sub>4</sub> U. R., darauf ver. Ab. u. N. abw. st. R.

Juni.

| Datum.  | Bodentemperatur in 15 cm Tiefe. |        |       |       |             |                 |             |       |       | Temperaturschwankungen. |        |       |      |      |      |      |             |      |      |
|---------|---------------------------------|--------|-------|-------|-------------|-----------------|-------------|-------|-------|-------------------------|--------|-------|------|------|------|------|-------------|------|------|
|         | Lufttemperatur.                 | Nacht. |       |       |             |                 | Strohdecke. |       |       |                         | Nacht. | Gras. |      |      |      |      | Strohdecke. |      |      |
|         |                                 | Nacht. | Gras. | Moos. | Buchenlaub. | Fichten-nadeln. | 5 cm        | 2 cm  | 5 cm  | 5 cm                    |        | 5 cm  | 5 cm | 5 cm | 5 cm | 5 cm | 0,5 cm      | 2 cm | 5 cm |
|         |                                 |        |       |       |             |                 |             |       |       |                         |        |       |      |      |      |      |             |      |      |
| 1.- 5.  | 12,40                           | 15,10  | 14,49 | 15,03 | 14,44       | 14,88           | 14,79       | 14,79 | 14,56 | 9,0                     | 2,8    | 2,2   | 2,5  | 2,5  | 5,7  | 4,8  | 2,4         |      |      |
| 6.-10.  | 10,46                           | 13,66  | 13,20 | 13,98 | 13,83       | 13,91           | 13,71       | 13,64 | 13,53 | 4,7                     | 2,1    | 1,6   | 1,6  | 2,0  | 4,2  | 3,6  | 1,9         |      |      |
| 11.-15. | 13,80                           | 15,44  | 14,38 | 14,54 | 14,19       | 14,64           | 14,90       | 14,74 | 14,69 | 10,8                    | 3,4    | 2,9   | 2,7  | 3,4  | 6,3  | 5,5  | 3,0         |      |      |
| 16.-20. | 8,74                            | 12,68  | 12,62 | 13,76 | 13,09       | 13,44           | 12,92       | 12,88 | 12,95 | 4,2                     | 2,6    | 2,3   | 2,4  | 2,4  | 2,5  | 2,4  | 2,5         |      |      |
| 21.-25. | 13,03                           | 14,18  | 13,00 | 13,32 | 12,92       | 13,66           | 13,76       | 13,61 | 13,10 | 10,7                    | 3,8    | 3,7   | 3,1  | 4,2  | 6,8  | 6,0  | 3,8         |      |      |
| 25.-30. | 16,11                           | 13,78  | 16,92 | 16,45 | 15,88       | 16,64           | 17,41       | 17,00 | 16,80 | 7,9                     | 3,3    | 1,8   | 1,6  | 1,8  | 3,7  | 3,1  | 1,8         |      |      |
| Mittel: | 12,42                           | 14,97  | 14,10 | 14,51 | 13,97       | 14,51           | 14,58       | 14,43 | 14,18 | 7,88                    | 3,08   | 2,42  | 2,52 | 2,72 | 4,87 | 4,28 | 2,57        |      |      |

Witterung:

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>1. Bis 8 U. fr. abw. R. u. schw. W., dann meist bew. Ab. u. N. kl. u. r.</p> <p>2. Kl. fr. r., am Tage schw. W.</p> <p>3. Bis Nachm. schw. bew. u. mst. W., dann G.-R. u. St. Von 4 U. ab r. u. kl. N. bew. u. mst. W.</p> <p>4. Fr. bew. u. mst. W., am Tage st. W. u. abw. R. Ab. bew. N. R. u. mst. W.</p> <p>5. Bis Vorm. 8 U. st. R. u. mst. W., dann schw. R. Vorm. u. Nachm. abw. bew. Ab. bew. u. R. u. st. W. N. ver. u. mst. W.</p> <p>6. Abw. bew. u. st. W. Ab. bew. N. ver.</p> <p>7. Ab. bew. u. schw. W. Ab. bew. N. R.</p> <p>8. Bis M. R. u. mst. W. Nachm. abw. R. u. schw. W., dann bew. N. abw. R. u. schw. W.</p> <p>9. Fr. abw. R. u. schw. W., dann bew. Ab. 8—8½ U. schw. R., später abw. bew. u. mst. W.</p> <p>10. Fr. bew. u. mst. W., dann bis M. abw. bew. u. r. Nachm. abw. R. u. schw. W. Ab. u. N. abw. bew. u. r.</p> <p>11. Thlw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. bew. u. r.</p> <p>12. Fr. r. u. schw. bew., dann bew. u. u. schw. R. bis M., dann nb. u. r.</p> <p>13. Fr. r. u. nb., dann abw. bew. u. schw. W. bis N.</p> <p>14. Fr. u. Vorm. schw. bew. u. schw. W., dann bew. Ab. r.</p> <p>15. Abw. R. u. schw. W.</p> | <p>16. Abw. R. u. abw. schw. u. st. W.</p> <p>17. Bis Nachm. abw. R. u. schw. W., dann bew. Ab. u. N. ver.</p> <p>18. Schw. W. u. thlw. R. Nachm. 5¼ bis 7½ U. R., dann ver.</p> <p>19. Bis 11 U. V. bew. u. mst. W. Von 11—1½ U. M. abw. st. R. u. H., dann abw. bew. u. schw. W.</p> <p>20. Bis M. abw. bew. u. schw. W., dann bis 1 U. R., darauf abw. bew. Von 6—7½ U. Ab. st. R., dann bew. u. mst. W.</p> <p>21. R. u. mst. W.</p> <p>22. Bis M. abw. st. R. u. mst. W., darauf bew. u. mst. W. Ab. u. N. schw. W.</p> <p>23. Abw. bew. u. schw. W.</p> <p>24. Thlw. bew. Nachm. G. Ab. u. N. abw. bew.</p> <p>25. Meist kl. fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. ver.</p> <p>26. Fr. r. und ver., am Tage schw. bew. u. schw. W. N. kl.</p> <p>27. Meist kl. fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.</p> <p>28. Fr. nb. u. schw. W., dann bew. u. schw. W. N. abw. bew.</p> <p>29. Bis Nachm. meist kl. fr. r., am Tage schw. W. Nachm. 4 G. u. st. W. Ab. u. N. abw. st. G.-R.</p> <p>30. Abw. bew. u. schw. W. N. kl. u. r.</p> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## Juli.

| Datum.  | * Bodentemperatur in 15 cm Tiefe. |       |             |                  |                     |        |       |             |                  |                     | Temperaturschwankungen. |      |      |      |      |      |      |
|---------|-----------------------------------|-------|-------------|------------------|---------------------|--------|-------|-------------|------------------|---------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|------|
|         | Lufttemperatur.                   |       | Strohhecke. |                  |                     |        |       | Strohhecke. |                  |                     |                         |      |      |      |      |      |      |
|         | Nacht.                            | Gras. | Moos.       | Buchen-<br>laub. | Fichten-<br>nadeln. | Nacht. | Gras. | Moos.       | Buchen-<br>laub. | Fichten-<br>nadeln. | Strohhecke.             |      |      |      |      |      |      |
|         |                                   | 5 cm  | 5 cm        | 5 cm             | 0,5 cm              | 2 cm   | 5 cm  | 5 cm        | 5 cm             | 5 cm                | 0,5 cm                  | 2 cm | 5 cm |      |      |      |      |
| 1.— 5.  | 19,59                             | 21,13 | 19,07       | 18,26            | 17,69               | 18,25  | 19,29 | 18,98       | 18,10            | 10,6                | 4,9                     | 3,3  | 3,0  | 3,4  | 6,1  | 5,2  | 3,5  |
| 6.—10.  | 19,68                             | 21,05 | 20,00       | 19,37            | 18,97               | 19,28  | 19,94 | 19,70       | 19,08            | 8,5                 | 2,9                     | 1,6  | 1,7  | 1,8  | 4,0  | 3,3  | 1,9  |
| 11.—15. | 22,34                             | 23,42 | 21,22       | 20,48            | 20,16               | 20,56  | 21,67 | 21,24       | 20,78            | 10,3                | 3,8                     | 2,2  | 2,3  | 2,5  | 5,5  | 4,3  | 2,8  |
| 16.—20. | 18,52                             | 21,88 | 21,17       | 20,73            | 20,33               | 20,71  | 21,09 | 20,83       | 20,54            | 13,1                | 5,9                     | 4,8  | 3,3  | 3,9  | 7,7  | 6,7  | 4,6  |
| 21.—25. | 16,55                             | 18,22 | 18,44       | 17,99            | 17,97               | 18,38  | 18,06 | 18,08       | 17,88            | 8,5                 | 3,4                     | 1,9  | 1,9  | 2,1  | 5,4  | 4,2  | 2,3  |
| 26.—31. | 13,56                             | 15,83 | 16,38       | 16,29            | 16,41               | 16,43  | 16,03 | 16,11       | 16,10            | 5,5                 | 1,9                     | 1,0  | 1,2  | 1,4  | 3,7  | 2,9  | 1,4  |
| Mittel: | 18,23                             | 20,11 | 19,28       | 18,77            | 18,52               | 18,85  | 19,24 | 19,06       | 18,66            | 9,42                | 3,80                    | 2,47 | 2,29 | 2,52 | 5,40 | 4,43 | 2,75 |

## Witterung:

1. Schw. W. u. thlw. schw. bew. Ab. kl. N. st. W.
2. Kl. fr. r., am Tage schw. W. N. kl. u. r.
3. Kl. u. r., am Tage thlw. schw. W.
4. Bis Nachm. kl. u. r., dann G. Ab. u. N. kl. u. r.
5. Bis M. thlw. bew. u. schw. W. Nachm. G. Ab. 8—8½ R. N. abw. bew.
6. Abw. bew. u. mst. W. Ab. abw. G.-R. N. st. R.
7. Bis M. bew. u. schw. W., dann abw. bew. u. r. N. kl.
8. Meist kl. u. r.
9. Meist kl. u. ver. W. N. kl. u. r.
10. Schw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. thlw. st. G.-R. u. st. W.
11. Schw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. kl.
12. Kl. fr. r. Vorm. schw. W. Nachm. u. Ab. r.
13. Kl. u. r.
14. Fr. kl. u. r. Vorm. st. W. u. G. Ebenso Nachm. Ab. u. N. kl. u. r.
15. Fr. u. Vorm. kl. u. r., dann G. Ab schw. R. u. schw. W. N. abw. bew.
16. Schw. bew. u. r. Nachm. G. Ab. von 6½—7½ U. St. u. G.-R., dann bew. u. schw. W. N. st. W.
17. Schw. bew. u. r. Ab. G. N. schw. G.-R.
18. Fr. bew. v. 5—5½ U. schw. R., dann bew. Von 8¼—9½ U. R., darauf abw. bew. N. schw. R.
19. Fr. nb. Um 8½ U. st. G.-R. u. St. bis 9 U., dann bew. Von 10½ bis 12½ U. st. R., darauf schw. R. bis 2 U., später bew. N. abw. st. R.
20. Bew. u. mst. W., Ab. schw. bew. u. schw. W. N. kl. u. r.
21. Bis M. kl. u. r., dann schw. bew. Ab. abw. bew. N. abw. st. R. u. st. W.
22. Bis 7 U. fr. abw. st. R. u. st. W., dann bew. u. abw. St. M. u. Nachm. abw. bew. u. mst. W. N. kl. u. mst. W.
23. Kl. bis Nachm. mst. W., dann r.
24. Fr. kl. u. schw. W. Nachm. bew. Ab. 5—6 U. R.
25. Bew. u. von 6½ U. fr. bis Nachm. 2 U. R., dann bew. N. abw. schw. R. u. mst. W.
26. Abw. R. Ab. schw. bew. N. abw. R.
27. Bew. u. r. N. abw. schw. R.
28. Fr. r. u. schw. R. Von 8—11 U. Vorm. st. R. u. schw. W., dann schw. R. Von 2½ U. Nachm. ab bew.
29. Bis M. bew. u. schw. W., dann abw. bew. Ab. u. N. ver. u. r.
30. Bis M. bew. u. schw. W. M. schw. R., dann bew. u. schw. W.
31. Abw. bew. u. mst. W. Ab. kl. u. schw. W. N. abw. bew. u. r.

August.

| Datum.  | Bodentemperatur in 15 cm Tiefe. |        |       |       |                  |                     |             |       | Temperaturschwankungen. |        |       |       |                  |                     |             |      |      |
|---------|---------------------------------|--------|-------|-------|------------------|---------------------|-------------|-------|-------------------------|--------|-------|-------|------------------|---------------------|-------------|------|------|
|         | Lufttemperatur.                 | Nacht. | Gras. | Moos. | Buchen-<br>laub. | Fichten-<br>nadeln. | Strohdecke. |       |                         | Nacht. | Gras. | Moos. | Buchen-<br>laub. | Fichten-<br>nadeln. | Strohdecke. |      |      |
|         |                                 |        |       |       |                  |                     | 0,5 cm      | 2 cm  | 5 cm                    |        |       |       |                  |                     | 0,5 cm      | 2 cm | 5 cm |
| 1.—5.   | 19,40                           | 20,12  | 18,20 | 17,71 | 17,85            | 18,06               | 19,00       | 18,78 | 18,02                   | 11,1   | 4,1   | 3,5   | 3,3              | 3,5                 | 6,9         | 5,4  | 3,3  |
| 6.—10.  | 18,60                           | 20,91  | 19,14 | 18,95 | 18,99            | 19,01               | 19,90       | 19,66 | 18,97                   | 8,5    | 2,1   | 1,5   | 1,6              | 1,8                 | 4,9         | 3,9  | 1,7  |
| 11.—15. | 19,05                           | 20,62  | 19,20 | 19,12 | 19,22            | 19,38               | 20,08       | 19,78 | 19,26                   | 8,8    | 2,0   | 1,8   | 1,8              | 2,2                 | 5,5         | 4,3  | 2,4  |
| 16.—20. | 15,94                           | 18,94  | 18,05 | 18,22 | 18,18            | 18,27               | 18,57       | 18,38 | 18,09                   | 8,1    | 1,4   | 1,4   | 1,4              | 1,5                 | 4,5         | 3,7  | 2,7  |
| 21.—25. | 14,78                           | 18,39  | 17,19 | 17,45 | 17,41            | 17,52               | 17,51       | 17,57 | 17,30                   | 8,4    | 2,0   | 1,2   | 1,1              | 1,4                 | 4,1         | 2,7  | 1,4  |
| 26.—31. | 12,38                           | 15,26  | 15,48 | 15,94 | 15,78            | 15,94               | 15,51       | 15,70 | 15,72                   | 6,6    | 3,3   | 2,4   | 2,8              | 2,7                 | 4,4         | 3,8  | 3,0  |
| Mittel: | 16,55                           | 18,92  | 17,80 | 17,83 | 17,83            | 17,96               | 18,33       | 18,23 | 17,82                   | 8,58   | 2,48  | 1,97  | 2,00             | 2,18                | 5,05        | 3,97 | 2,42 |

Witterung:

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>1. Bis 9 U. Vorm. nb., dann schw. bew. Ab. G. u. st. W. Von 8—8<sup>1</sup>/<sub>2</sub> U. Ab. G.-R. N. bew.</p> <p>2. Bis Nachm. meist kl. u. schw. W. Ab. u. N. kl.</p> <p>3. Bis Nachm. kl. u. schw. W., dann kl. u. r.</p> <p>4. Bis M. kl. u. schw. W. Nachm. bew. Von 4—5<sup>3</sup>/<sub>4</sub> U. st. G.-R. u. H., später bew.</p> <p>5. Ver. bew. u. schw. W. Ab. kl. u. r.</p> <p>6. Fr. nb. Am Tage abw. bew. Ab. u. N. kl. u. ver. W.</p> <p>7. Mg. kl. Von 6 U. ab nb., später abw. bew. u. ver. W. N. kl.</p> <p>8. Meist kl. am Tage schw. W. Ab. r</p> <p>9. Meist kl. u. schw. W.</p> <p>10. Kl. u. r.</p> <p>11. Meist kl. u. r. N. G.</p> <p>12. Kl. u. r.</p> <p>13. Fr. kl. u. r. Vorm. schw. W. Nachm. G. mit R. Ab. u. N. abw. bew.</p> <p>14. Meist kl. u. r. bis M., dann von 1—1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> U. st. G.-R., darauf schw. R. bis 3 U. Bis zum Ab. bew., dann abw. R.</p> <p>15. Abw. R. u. schw. W. bis Nachm. 5 U., dann abw. bew.</p> <p>16. Kl. u. r.</p> <p>17. Bis 9 U. Vorm. nb. u. schw. W., dann kl. u. ver. W.</p> | <p>18. Kl. u. r. bis Nachm. 5 U., dann G. Von 6—6<sup>1</sup>/<sub>2</sub> U. st. G.-R. u. H., hierauf bew. u. r.</p> <p>19. Schw. bew. u. schw. W. bis M. Nachm. bew. u. G. Ab. u. N. ver.</p> <p>20. Bew. u. mst. W. Vorm. thlw. schw. R. Ab. u. N. ver. u. r.</p> <p>21. Bis M. abw. bew. u. schw. W., dann schw. R. Nachm. wie Vorm.</p> <p>22. Fr. meist kl. u. r. Am Tage thlw. schw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.</p> <p>23. Fr. nb. u. r. Darauf bis Nachm. kl. Um 3 U. G. Von 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub>—4 U. schw. R. Ab. kl. u. schw. W. N. kl. u. r.</p> <p>24. Kl. fr. am Tage ver. W. Ab. r.</p> <p>25. Meist kl. fr. r., sonst schw. W.</p> <p>26. Fr. bew. u. r. Von 7<sup>3</sup>/<sub>4</sub>—1 U. R., dann bew. u. st. W. Von 5 U. ab schw. R. N. abw. R. u. mst. W.</p> <p>27. Bis Nachm. 4<sup>1</sup>/<sub>2</sub> U. mst. W. u. abw. st. R., dann bew. N. abw. R.</p> <p>28. Bis Nachm. 5 U. abw. schw. bew. u. schw. W., dann kl. u. r.</p> <p>29. Bis Nachm. 5 U. meist kl. u. ver. W., dann bew. u. st. W. Von 7 U. Ab. bis N. R.</p> <p>30. Ver. bew. u. mst. W. N. thlw. kl.</p> <p>31. Fr. ver. u. mst. W. Von 10—11 U. Vorm. R., dann abw. bew. bis Nachm., darauf kl. u. schw. W. Ab. r.</p> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## September.

| Datum.  | Bodentemperatur in 15 cm Tiefe. |        |       |               |                 |                             |             |       | Temperaturschwankungen. |        |       |               |                          |                             |             |      |      |
|---------|---------------------------------|--------|-------|---------------|-----------------|-----------------------------|-------------|-------|-------------------------|--------|-------|---------------|--------------------------|-----------------------------|-------------|------|------|
|         | Lufttemperatur.                 | Nacht. | Gras. | Moos.<br>5 cm | Buchen.<br>5 cm | Fichten-<br>nadeln.<br>5 cm | Strohdecke. |       |                         | Nacht. | Gras. | Moos.<br>5 cm | Buchen-<br>laub.<br>5 cm | Fichten-<br>nadeln.<br>5 cm | Strohdecke. |      |      |
|         |                                 |        |       |               |                 |                             | 0,5 cm      | 2 cm  | 5 cm                    |        |       |               |                          |                             | 0,5 cm      | 2 cm | 5 cm |
|         |                                 |        |       |               |                 |                             |             |       |                         |        |       |               |                          |                             |             |      |      |
| 1.—1.   | 15,02                           | 17,02  | 16,86 | 16,89         | 16,42           | 16,63                       | 16,64       | 16,66 | 16,69                   | 9,5    | 3,4   | 2,5           | 2,9                      | 2,8                         | 5,4         | 4,3  | 3,1  |
| 6.—10.  | 11,88                           | 13,87  | 14,27 | 14,56         | 14,53           | 14,72                       | 14,20       | 14,87 | 14,49                   | 5,4    | 1,3   | 1,1           | 1,4                      | 1,7                         | 3,0         | 2,4  | 2,0  |
| 11.—15. | 14,26                           | 15,29  | 14,51 | 14,49         | 14,65           | 14,71                       | 14,79       | 14,88 | 14,68                   | 7,2    | 1,7   | 1,4           | 1,8                      | 1,9                         | 4,0         | 3,2  | 2,2  |
| 16.—20. | 15,63                           | 17,11  | 15,55 | 15,47         | 15,74           | 15,83                       | 16,29       | 16,30 | 15,99                   | 7,6    | 2,1   | 1,6           | 2,0                      | 2,2                         | 4,2         | 3,4  | 2,2  |
| 21.—25. | 13,19                           | 15,46  | 15,12 | 15,13         | 15,09           | 15,34                       | 15,33       | 15,45 | 15,36                   | 7,7    | 2,5   | 1,8           | 2,0                      | 2,4                         | 4,5         | 3,7  | 2,6  |
| 26.—30. | 11,27                           | 13,91  | 13,36 | 13,50         | 13,62           | 13,74                       | 13,80       | 13,83 | 13,83                   | 7,1    | 1,6   | 1,6           | 1,6                      | 1,7                         | 3,9         | 2,5  | 1,5  |
| Mittel: | 13,47                           | 15,44  | 14,86 | 14,92         | 15,01           | 15,16                       | 15,17       | 15,25 | 15,17                   | 7,42   | 2,10  | 1,67          | 1,95                     | 2,12                        | 4,17        | 3,25 | 2,17 |

## Witterung:

- |                                                                                                     |                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Meist kl. fr. u. Ab. r., am Tage schw. W.                                                        | kl. Nachm. st. W. Ab. schw. W. N. r.                                                                                                      |
| 2. Kl. u. schw. W.                                                                                  | 14. Meist kl. u. r.                                                                                                                       |
| 3. Meist kl. u. schw. W.                                                                            | 15. Kl. u. r., nur Nachm. mst. W.                                                                                                         |
| 4. Fr. bew. u. mst. W., dann ver. Von 4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> U. Nachm. ab abw. R.            | 16. Meist kl. u. abw. schw. W.                                                                                                            |
| 5. Bis fr. 8 U. abw. R. u. st. W., dann bew. u. mst. W. Nachm. ver. Ab. u. N. abw. bew. u. schw. W. | 17. Bis 10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> U. Vorm. nb., dann kl. u. r.                                                                       |
| 6. Bis Nachm. abw. bew. u. schw. W., sonst kl. u. schw. W.                                          | 18. Meist kl. u. r.                                                                                                                       |
| 7. Bis M. meist kl., dann bew. Nachm. abw. R. u. schw. W. Ebenso Ab. u. N.                          | 19. Meist kl. u. r.                                                                                                                       |
| 8. Fr. bew. u. schw. W. Von 9 U. Vorm. ab abw. bew.                                                 | 20. Kl. u. schw. W.                                                                                                                       |
| 9. Fr. bew. u. schw. W., am Tage ver. u. abw. schw. R. Ab. R., dann ver.                            | 21. Kl. Vorm. u. Nachm. schw. W. Fr. Ab. u. N. r.                                                                                         |
| 10. Fr. nb. u. r., dann thlw. bew. u. schw. W. Von 11 U. Vorm. ab bew. Nachm. st. W., Ab. abw. bew. | 22. Bis M. kl. u. r., dann schw. bew., Ab. u. N. abw. bew.                                                                                |
| 11. Meist kl. u. mst. W.                                                                            | 23. Fr. von 5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> U. R., dann bew. u. r. bis Nachm. 3 U. Von da ab schw. R. bis N. |
| 12. Meist kl. u. mst. W. Ab. bew. N. thlw. bew.                                                     | 24. Abw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. bew. u. r.                                                                                            |
| 13. Bis 10 U. Vorm. thlw. bew., dann                                                                | 25. Fr. bew. u. r., am Tage abw. schw. bew. Ab. u. N. kl. u. r.                                                                           |
|                                                                                                     | 26. Kl. u. r.                                                                                                                             |
|                                                                                                     | 27. Fr. Rf., meist kl. u. schw. W.                                                                                                        |
|                                                                                                     | 28. Kl. u. r.                                                                                                                             |
|                                                                                                     | 29. Fr. Rf., am Tage, Ab. u. N. kl. u. r.                                                                                                 |
|                                                                                                     | 30. Kl. u. r.                                                                                                                             |

Versuch III (1888).

Mai.

| Datum.  | Lufttemperatr. | Bodentemperatur in 12 cm Tiefe. |               |        |                |        |             |        |             | Temperaturschwankungen. |        |               |        |                |        |             |        |             |        |
|---------|----------------|---------------------------------|---------------|--------|----------------|--------|-------------|--------|-------------|-------------------------|--------|---------------|--------|----------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
|         |                | Nackt.                          | Kiefernadeln. |        | Fichtennadeln. |        | Eichenlaub. |        | Buchenlaub. |                         | Nackt. | Kiefernadeln. |        | Fichtennadeln. |        | Eichenlaub. |        | Buchenlaub. |        |
|         |                |                                 | 2,5 cm        | 2,5 cm | 2,5 cm         | 2,5 cm | 2,5 cm      | 2,5 cm | 2,5 cm      | 2,5 cm                  |        | 2,5 cm        | 2,5 cm | 2,5 cm         | 2,5 cm | 2,5 cm      | 2,5 cm | 2,5 cm      | 2,5 cm |
| 1.-5.   | 11,67          | 12,42                           | 11,03         | 10,83  | 10,67          | 10,60  | 10,72       | 10,16  | 9,99        | 9,82                    | 7,8    | 2,2           | 2,2    | 1,5            | 1,9    | 1,7         | 1,3    | 1,4         | 1,2    |
| 6.-10.  | 12,74          | 14,03                           | 12,18         | 11,96  | 11,91          | 11,96  | 12,12       | 11,39  | 11,11       | 11,03                   | 11,4   | 4,1           | 3,6    | 3,8            | 3,7    | 4,0         | 2,6    | 1,9         | 1,6    |
| 11.-15. | 9,86           | 13,27                           | 12,08         | 11,96  | 11,90          | 11,85  | 11,96       | 11,59  | 11,55       | 11,45                   | 9,0    | 2,2           | 2,1    | 2,0            | 1,9    | 2,4         | 1,2    | 0,9         | 0,8    |
| 16.-20. | 18,54          | 17,66                           | 14,74         | 14,36  | 14,54          | 14,63  | 14,63       | 13,74  | 13,30       | 13,23                   | 13,0   | 5,6           | 5,0    | 5,5            | 5,5    | 5,6         | 4,0    | 3,3         | 2,9    |
| 21.-25. | 13,32          | 16,63                           | 14,78         | 14,69  | 14,63          | 14,71  | 14,69       | 14,34  | 14,21       | 14,13                   | 9,1    | 3,4           | 2,7    | 3,5            | 3,3    | 3,4         | 2,0    | 1,6         | 1,1    |
| 26.-31. | 13,34          | 16,38                           | 15,09         | 14,94  | 14,90          | 14,94  | 15,02       | 14,64  | 14,50       | 14,46                   | 7,9    | 3,4           | 2,8    | 3,5            | 3,8    | 3,1         | 2,9    | 1,6         | 1,1    |
| Mittel: | 13,28          | 15,11                           | 13,98         | 13,16  | 13,15          | 13,17  | 13,26       | 12,69  | 12,50       | 12,42                   | 9,70   | 3,48          | 3,07   | 3,27           | 3,48   | 3,37        | 2,23   | 1,78        | 1,45   |

Witterung:

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>1. Fr. ver. bew. u. schw. W., am Tage ver. u. mst. W. Ab. u. N. abw. bew.</p> <p>2. Fr. schw. bew. u. schw. W., am Tage u. Ab. meist kl. N. kl.</p> <p>3. Fr. kl. u. schw. W. Von 7<sup>1</sup>/<sub>2</sub>—11 U. Vorm. mst. W. M. thlw. bew., dann bew. u. st. W. N. r.</p> <p>4. Bis 10 U. Vorm. abw. bew. u. r., dann bis Nachm. 2 U. bew. u. st. W., später schw. bew. u. r. Ab. u. N. kl.</p> <p>5. Fr. kl. u. r., am Tage, Ab. u. N. abw. bew. u. schw. W.</p> <p>6. Bis Nachm. schw. bew. u. schw. W., dann kl. u. r.</p> <p>7. Meist kl., am Tage schw. W. Ab. u. N. r.</p> <p>8. Meist kl. u. ver. W.</p> <p>9. Fr. G. Von 6<sup>1</sup>/<sub>2</sub> U. fr. ab abw. schw. R., unter Tags G. u. abw. R. Ab. bew. N. abw. bew.</p> <p>10. Abw. bew. u. schw. W.</p> <p>11. Abw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.</p> <p>12. Fr. Rf., am Tage abw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.</p> <p>13. Fr. Rf., bis M. thlw. bew., dann kl.</p> <p>14. Fr. kl. u. r. Von 7 U. Vorm. bis Nachm. 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> U. thlw. bew., G. u. mst. W., dann G.-R. Ab. u. N. abw. G.-R.</p> | <p>15. Fr. R. u. r., dann bis Nachm. 1 U. abw. R., später bew. u. r. N. kl.</p> <p>16. Fr. nb. Von 10 U. Vorm. bis 4 U. Nachm. thlw. bew. u. G., dann abw. bew.</p> <p>17. Kl. u. mst. W. Ab. u. N. kl. u. r.</p> <p>18. Kl.</p> <p>19. Meist kl. Nachm. mst. W. N. r.</p> <p>20. Meist kl., thlw. G. N. bew.</p> <p>21. Bis M. nb., dann abw. bew.</p> <p>22. Fr. schw. bew. u. r. Von 7<sup>1</sup>/<sub>2</sub> U. Vorm. ab bew. u. mst. W. Ab. u. N. abw. bew. u. schw. W.</p> <p>23. Bis M. thlw. bew. u. st. W., dann kl. u. mst. W. Ab. u. N. r.</p> <p>24. Meist kl. u. ver. W. Ab. u. N. kl. u. r.</p> <p>25. Kl. u. abw. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.</p> <p>26. Fr. schw. G.-R. u. schw. W., dann meist kl. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.</p> <p>27. Kl. fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. r.</p> <p>28. Bis M. kl. u. r., dann G. Von 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub> bis 5<sup>1</sup>/<sub>4</sub> U. schw. G.-R., dann bis Ab. st. G.-R. Ab. u. N. abw. bew.</p> <p>29. Thlw. bew. u. mst. W. Ab. bew. u. r. N. R.</p> <p>30. Abw. bew. fr. r., am Tage schw. W. Ab. kl. u. r. Mn. thlw. bew.</p> <p>31. Bis 8 U. Vorm. bew. u. r., am Tage thlw. R. u. abw. bew. Ebenso Ab. u. N.</p> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Juni.

| Datum.  | Lufttemperatur. | Lufttemperatur in 12 cm Tiefe. |               |       |                |       |             |       |             | Temperaturschwankungen. |        |               |      |                |      |             |      |             |      |
|---------|-----------------|--------------------------------|---------------|-------|----------------|-------|-------------|-------|-------------|-------------------------|--------|---------------|------|----------------|------|-------------|------|-------------|------|
|         |                 | Nacht.                         | Kiefernadeln. |       | Fichtennadeln. |       | Eichenlaub. |       | Buchenlaub. |                         | Nacht. | Kiefernadeln. |      | Fichtennadeln. |      | Eichenlaub. |      | Buchenlaub. |      |
|         |                 |                                | 2,5 cm        |       | 2,5 cm         |       | 2,5 cm      |       | 2,5 cm      |                         |        | Moos.         |      | 2,5 cm         |      | 2,5 cm      |      | Moos.       |      |
|         |                 |                                | 2,5 cm        | 5 cm  | 2,5 cm         | 5 cm  | 2,5 cm      | 5 cm  | 2,5 cm      | 5 cm                    |        | 2,5 cm        | 5 cm | 2,5 cm         | 5 cm | 2,5 cm      | 5 cm | 2,5 cm      | 5 cm |
| 1.-5.   | 18,96           | 18,97                          | 16,57         | 16,28 | 16,41          | 16,43 | 16,54       | 15,69 | 15,86       | 15,12                   | 14,4   | 6,9           | 6,2  | 6,8            | 7,5  | 6,8         | 4,8  | 3,8         | 3,6  |
| 6.-10.  | 18,16           | 20,05                          | 18,94         | 18,67 | 18,62          | 18,74 | 18,91       | 18,19 | 17,79       | 17,67                   | 8,6    | 5,7           | 4,7  | 5,7            | 5,8  | 5,4         | 3,6  | 2,3         | 2,1  |
| 11.-15. | 15,09           | 18,60                          | 17,97         | 17,91 | 17,70          | 17,64 | 17,91       | 17,75 | 17,60       | 17,46                   | 11,0   | 4,4           | 3,5  | 4,7            | 4,5  | 3,9         | 2,6  | 1,8         | 1,6  |
| 16.-20. | 11,19           | 13,50                          | 13,89         | 14,06 | 13,79          | 13,59 | 14,03       | 14,30 | 4,61        | 4,68                    | 8,0    | 3,4           | 3,1  | 3,4            | 3,6  | 3,2         | 2,5  | 2,1         | 2,1  |
| 21.-25. | 19,32           | 20,59                          | 17,95         | 17,64 | 17,68          | 17,51 | 17,59       | 16,88 | 16,51       | 16,39                   | 15,8   | 7,6           | 6,6  | 6,5            | 7,8  | 7,2         | 5,8  | 4,6         | 3,9  |
| 26.-30. | 15,76           | 19,47                          | 18,72         | 18,66 | 18,29          | 18,28 | 18,77       | 18,52 | 18,11       | 18,07                   | 10,6   | 5,6           | 4,9  | 5,0            | 5,2  | 5,2         | 3,9  | 2,9         | 2,4  |
| Mittel: | 16,41           | 18,35                          | 17,34         | 17,20 | 17,05          | 17,03 | 17,23       | 16,86 | 16,66       | 16,55                   | 11,07  | 5,51          | 4,83 | 5,35           | 5,73 | 5,28        | 3,87 | 2,92        | 2,62 |

Witterung:

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>1. Fr. bew. u. schw. W., am Tage abw. bew. u. schw. W. Ab. kl. N. thlw. bew.</p> <p>2. Fr. thlw. bew. u. r., am Tage meist kl. Ab. u. N. kl. u. r.</p> <p>3. Bis Nachm. kl. u. r., dann G. Von 6<sup>1</sup>/<sub>2</sub>—7<sup>1</sup>/<sub>2</sub> U. Ab. st. G.-R., dann bew.</p> <p>4. Thlw. bew., meist kl.</p> <p>5. Meist kl. u. schw. W. Ab. thlw. bew.</p> <p>6. Fr. von 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub>—3 U. G., dann bew. fr. thlw. bew. am Tage kl. Ab. G. N. abw. bew.</p> <p>7. Fr. schw. bew. u. schw. W., dann bew. Von 10<sup>1</sup>/<sub>2</sub> U. Vorm. bis 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> U. Nachm. R., dann bew. u. schw. W. Ab. u. N. abw. bew. u. r.</p> <p>8. Meist kl. u. schw. W. N. G.</p> <p>9. Von 2—2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Mg. st. G.-R. u. St., dann abw. schw. R. bis 7<sup>1</sup>/<sub>2</sub> U. fr., später abw. bew. Nachm. G. Von 3<sup>3</sup>/<sub>4</sub>—5 U. st. G.-R. Ab. schw. R., dann bew.</p> <p>10. Bis 10 U. Vorm. bew. u. r., dann G. N. G.-R. Ab. u. N. abw. bew.</p> <p>11. Abw. bew. N. kl. r.</p> <p>12. Kl. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.</p> <p>13. Bis Nachm. meist kl. Von 4 U. ab G. Von 7—7<sup>1</sup>/<sub>2</sub> U. Ab. G.-R., dann abw. bew.</p> <p>14. Bis Nachm. bew. u. mst. W. Von 2<sup>3</sup>/<sub>4</sub>—4<sup>1</sup>/<sub>2</sub> U. R., dann abw. R. N. bew.</p> <p>15. Fr. schw. R. u. schw. W. Von 8 bis</p> | <p>9<sup>1</sup>/<sub>2</sub> U. st. R., dann schw. R. bis 11<sup>1</sup>/<sub>4</sub> U., später abw. bew. u. mst. W. Ab. u. N. thlw. bew.</p> <p>16. Bis 9 U. Vorm. kl. u. r., dann bew. Von 10<sup>1</sup>/<sub>2</sub> U. Vorm. ab abw. schw. R.</p> <p>17. Bis 5 U. Nachm. abw. schw. R. u. schw. W., dann bew. Mn. st. R.</p> <p>18. Abw. R. u. meist st. W. Ab. bew. Mn. R.</p> <p>19. Bis 6 U. Ab. abw. schw. R., dann bew.</p> <p>20. Meist kl. u. mst. W.</p> <p>21. Meist kl. u. schw. W.</p> <p>22. Meist kl. u. schw. W. N. thlw. bew.</p> <p>23. Fr. nb., dann abw. bew.</p> <p>24. Bis 8 U. Vorm. abw. bew. u. r., dann kl. u. schw. W.</p> <p>25. Fr. nb., dann kl. Ab. G. Von 9<sup>1</sup>/<sub>2</sub> bis 11 U. st. W., dann r.</p> <p>26. Bis Nachm. meist kl. u. schw. W. Nachm. G. Von 5—6<sup>1</sup>/<sub>2</sub> U. R., dann bew.</p> <p>27. Fr. bew., am Tage thlw. bew. Ab. u. N. meist kl.</p> <p>28. Fr. kl. u. r. Vorm. G. u. st. W., dann bew. u. mst. W., sowie abw. schw. R.</p> <p>29. Fr. bew. u. schw. W., am Tage abw. bew. u. abw. R. Ab. ohne R. N. abw. R.</p> <p>30. Fr. bew. u. schw. W. am Tage u. Ab. abw. schw. R. N. thlw. st. R.</p> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



Juli.

| Datum. | Bodentemperatur in 12 cm Tiefe. |        |               |         |                |         |             |         |            |         | Temperaturschwankungen. |       |         |        |        |               |         |                |         |             |         |            |         |          |       |       |       |         |         |       |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |     |     |     |     |     |     |     |     |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------|---------------------------------|--------|---------------|---------|----------------|---------|-------------|---------|------------|---------|-------------------------|-------|---------|--------|--------|---------------|---------|----------------|---------|-------------|---------|------------|---------|----------|-------|-------|-------|---------|---------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|        | Lufttemperatur.                 | Nacht. | Kiefernadeln. |         | Fichtennadeln. |         | Eichenlaub. |         | Buchelaub. |         | M o o s.                |       |         |        | Nacht. | Kiefernadeln. |         | Fichtennadeln. |         | Eichenlaub. |         | Buchelaub. |         | M o o s. |       |       |       |         |         |       |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |     |     |     |     |     |     |     |     |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|        |                                 |        | 2,5 cm.       | 2,5 cm. | 2,5 cm.        | 2,5 cm. | 2,5 cm.     | 2,5 cm. | 2,5 cm.    | 2,5 cm. |                         |       |         |        |        | 2,5 cm.       | 2,5 cm. | 2,5 cm.        | 2,5 cm. | 2,5 cm.     | 2,5 cm. | 2,5 cm.    | 2,5 cm. |          |       |       |       | 2,5 cm. | 2,5 cm. |       |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |     |     |     |     |     |     |     |     |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|        |                                 |        | 5 cm.         | 7,5 cm. | 10 cm.         | 5 cm.   | 7,5 cm.     | 10 cm.  | 5 cm.      | 7,5 cm. | 10 cm.                  | 5 cm. | 7,5 cm. | 10 cm. |        | 5 cm.         | 7,5 cm. | 10 cm.         |         |             |         |            |         |          |       |       |       |         |         |       |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |     |     |     |     |     |     |     |     |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1.-5.  | 12,49                           | 14,98  | 14,38         | 14,74   | 14,97          | 14,44   | 14,35       | 14,80   | 15,05      | 15,27   | 15,28                   | 5,8   | 2,6     | 2,2    | 3,5    | 3,1           | 2,2     | 1,2            | 1,4     | 1,5         | 6.-10.  | 14,98      | 16,54   | 16,31    | 16,42 | 16,12 | 16,01 | 16,25   | 16,03   | 15,86 | 15,76 | 5,4 | 2,4 | 2,2 | 2,9 | 2,5 | 2,3 | 1,3 | 0,9 | 1,0 | 11.-15. | 12,31 | 14,56 | 14,14 | 14,84 | 13,95 | 13,86 | 14,52 | 14,68 | 14,80 | 14,85 | 9,5 | 4,3 | 4,2 | 4,5 | 4,3 | 3,8 | 2,8 | 2,1 | 2,0 | 16.-20. | 15,18 | 17,02 | 16,30 | 16,34 | 15,47 | 15,56 | 16,12 | 15,81 | 15,63 | 15,49 | 8,8 | 3,0 | 2,8 | 2,5 | 2,6 | 2,9 | 1,9 | 1,4 | 1,4 | 21.-25. | 18,11 | 18,33 | 17,46 | 17,43 | 16,68 | 16,67 | 17,28 | 16,73 | 16,37 | 16,19 | 10,2 | 5,7 | 6,1 | 5,3 | 5,0 | 5,8 | 4,2 | 3,2 | 2,9 | 26.-31. | 16,84 | 18,23 | 17,98 | 17,96 | 17,26 | 17,30 | 17,76 | 17,42 | 17,21 | 17,16 | 7,9 | 3,9 | 3,4 | 3,1 | 2,9 | 3,3 | 2,2 | 1,9 | 1,9 | Mittel: | 15,04 | 16,57 | 16,27 | 16,35 | 15,70 | 15,68 | 16,17 | 16,00 | 15,90 | 15,83 | 7,93 | 3,65 | 3,48 | 3,63 | 3,40 | 3,38 | 2,27 | 1,82 | 1,78 |

Witterung:

1. Abw. R. Ab. von 5—5½ U. G.-R., dann bew. u. mst. W.
2. Bis M. bew. u. mst. W., dann abw. bew. Ab. u. N. kl. Mn. bew.
3. Fr. bis M. R., dann ver. u. mst. W. Ab. G. N. kl.
4. Fr. bew. u. r., dann abw. schw. R.
5. Ver. bew. u. ver. W. Ab. bew. Mn. schw. R.
6. Fr. bis 9 U. schw. R. u. schw. W., dann ver. Von Ab. 6½ U. ab R.
7. Fr. bew. u. r. Ebenso Vorm. Nachm. thlw. schw. R. Ab. u. N. abw. R.
8. Bis M. bew. u. r. Von 2—4 U. Nachm. thlw. st. R., dann ver.
9. Fr. bew. u. mst. W., dann bis M. 12½ U. abw. st. R., dann abw. bew. u. mst. W. Ab. u. N. meist kl.
10. Meist kl. Fr. r. bis Nachm. st. W., dann schw. W.
11. Bis Nachm. 2½ U. ver. u. schw. W. Von 2½—4½ U. schw. R., dann bis 5½ U. st. R., später bis 6 U. schw. R. Ab. u. N. bew.
12. Bis 10 U. Vorm. meist kl. u. St., dann bew. Von 1—2 U. Nachm. schw. R., dann bew. u. st. W.
13. Bis Nachm. st. W. u. bew. Nachm. abw. R. u. st. W. Ab. u. N. abw. bew.
14. Bis Nachm. bew., thlw. st. u. schw. W., dann abw. bew. Ab. u. N. kl.
15. Bis 10 U. Vorm. kl., dann thlw. bew.
16. Fr. abw. bew., dann bew. u. mst. W. N. G.
17. Bis Nachm. 1 U. st. W. u. abw. bew., dann schw. W. Nachm. G. Von 4½ bis 5 U. schw. R., dann meist bew. u. r. N. st. W. u. G.-R.
18. Bis Nachm. meist bew. u. st. W. Von 4½—5 U. Nachm. G.-R. Ab. u. N. bew.
19. Bis M. 1¼ U. bew. u. st. W., dann bis 3 U. st. R. u. st. W. Von 5 bis 5¾ U. R., dann bew. N. abw. R.
20. Bis M. R. u. mst. W., dann abw. R. bis 3 U., später bew. Ab. u. N. thlw. bew.
21. Mg. R. Vorm. bis M. abw. bew. Um 12¾ U. G. Von 1¼—1¾ U. G.-R., dann bew. Von 3 U. ab abw. bew. u. schw. W. N. abw. R.
22. Bis M. 1 U. abw. schw. R., dann abw. bew. Ab. u. N. kl.
23. Bis Nachm. 4 U. schw. bew. u. r., dann thlw. bew. Ab. 6 U. G. Von 7½—9 U. st. G.-R., dann bew.
24. Fr. bew. u. mst. W. Von 7½ U. Vorm. bis M. abw. R., dann ver. N. schw. bew.
25. Fr. bis 6¼ U. abw. R., dann thlw. bew. N. G.
26. Fr. schw. bew. u. schw. W. Vorm. bis Ab. abw. R. N. schw. R.
27. Fr. nb., dann bew. u. schw. W. bis M. Nachm. bis Ab. abw. bew.
28. Nach Mn. st. W. u. G.-R., dann bew. u. r. bis Nachm. Nachm. abw. R. u. mst. W. N. bew. u. mst. W.
29. Abw. bew. Nachm. abw. schw. R. Ab. u. N. thlw. bew.
30. Bis M. thlw. bew., dann meist bew.
31. Mg. thlw. schw. R., dann bew. bis M. Von da bis Ab. abw. R. Ab. u. N. R.

## August.

| Datum.  | Lufttemperatur. | Bodentemperatur in 12 cm Tiefe. |                         |                          |                       |                       |        |       |        | Temperaturschwankungen. |        |                        |                          |                       |                       |        |      |        |       |
|---------|-----------------|---------------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|--------|-------|--------|-------------------------|--------|------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|--------|------|--------|-------|
|         |                 | Nacht.                          | Kiefernadeln.<br>2,5 cm | Fichtennadeln.<br>2,5 cm | Eichenlaub.<br>2,5 cm | Buchenlaub.<br>2,5 cm | Moos.  |       |        |                         | Nacht. | Kiefernadeln<br>2,5 cm | Fichtennadeln.<br>2,5 cm | Eichenlaub.<br>2,5 cm | Buchenlaub.<br>2,5 cm | Moos.  |      |        |       |
|         |                 |                                 |                         |                          |                       |                       | 2,5 cm | 5 cm  | 7,5 cm | 10 cm                   |        |                        |                          |                       |                       | 2,5 cm | 5 cm | 7,5 cm | 10 cm |
| 1.—5.   | 12,83           | 15,24                           | 15,46                   | 15,54                    | 15,05                 | 15,02                 | 15,43  | 15,46 | 15,54  | 15,58                   | 6,2    | 3,6                    | 3,5                      | 3,3                   | 3,4                   | 3,6    | 2,8  | 2,5    | 2,5   |
| 6.—10.  | 13,68           | 16,10                           | 15,54                   | 15,57                    | 14,81                 | 14,87                 | 15,26  | 15,09 | 15,04  | 14,84                   | 11,3   | 5,5                    | 5,0                      | 4,5                   | 4,2                   | 4,6    | 3,0  | 2,4    | 2,1   |
| 11.—15. | 21,48           | 22,19                           | 19,57                   | 19,27                    | 18,59                 | 18,75                 | 19,23  | 18,39 | 17,88  | 17,70                   | 9,6    | 4,4                    | 4,3                      | 4,5                   | 4,8                   | 4,9    | 3,9  | 3,4    | 3,0   |
| 16.—20. | 14,55           | 17,84                           | 17,98                   | 18,04                    | 17,44                 | 17,62                 | 17,90  | 17,80 | 17,80  | 17,82                   | 8,2    | 5,6                    | 5,0                      | 4,7                   | 5,0                   | 4,9    | 3,8  | 3,0    | 2,6   |
| 21.—25. | 14,56           | 16,59                           | 16,29                   | 16,89                    | 16,08                 | 16,00                 | 16,16  | 16,15 | 16,24  | 16,22                   | 9,4    | 3,7                    | 3,2                      | 3,6                   | 3,1                   | 3,0    | 1,8  | 1,2    | 1,1   |
| 26.—31. | 16,12           | 18,14                           | 17,43                   | 17,42                    | 17,17                 | 17,15                 | 17,27  | 17,01 | 16,88  | 16,72                   | 9,3    | 4,6                    | 3,8                      | 4,2                   | 3,9                   | 3,6    | 2,4  | 1,7    | 1,4   |
| Mittel: | 15,60           | 17,84                           | 17,06                   | 17,04                    | 16,54                 | 16,55                 | 16,89  | 16,66 | 16,58  | 16,49                   | 9,00   | 4,57                   | 4,13                     | 4,13                  | 4,07                  | 4,10   | 2,95 | 2,37   | 2,12  |

## Witterung:

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>1. Bis 8 U. fr. bew. u. r., dann abw. R. bis M. 1 U., später bew. Ab. schw. R.</p> <p>2. Fr. nb. bis 9 U., dann bew. u. schw. W. Nachm. 4<math>\frac{1}{2}</math> U. schw. R. Von 5<math>\frac{1}{4}</math> U. ab st. R. u. st. W.</p> <p>3. Bis M. abw. st. R. u. st. W., dann abw. schw. R. Von 5 U. ab bew. N. abw. R.</p> <p>4. Abw. bew. u. schw. W. N. kl. u. r.</p> <p>5. Bis M. abw. bew., dann bew. Von 2 U. Nachm. ab abw. R.</p> <p>6. Bis 7 U. st. R. u. mst. W., dann abw. R. u. abw. st. u. schw. W. N. ver. u. schw. R.</p> <p>7. Ver. bew. u. abw. R. bis Nachm. 4 U., dann abw. bew.</p> <p>8. Meist kl.</p> <p>9. Abw. schw. bew. u. schw. W. Von 5<math>\frac{1}{2}</math> U. Ab. ab kl. u. r.</p> <p>10. Kl. fr. r., am Tage abw. schw. W. Ab. u. N. r.</p> <p>11. Kl. u. schw. W.</p> <p>12. Kl. u. schw. W.</p> <p>13. Kl. fr. r., sonst abw. schw. W.</p> <p>14. Thlw. bew. N. kl.</p> <p>15. Kl. fr. r., am Tage schw. W. Ab. G. u. St. Von 7—8<math>\frac{1}{2}</math> U. st. G.-R. N. bew. u. r.</p> <p>16. Bis M. bew. u. r. Nachm. abw. bew. Ab. u. N. meist kl.</p> | <p>17. Fr. nb. u. schw. W. Von 8<math>\frac{1}{2}</math> U. ab bew. Nachm. 4<math>\frac{1}{2}</math> U. bis Ab. 11 U. schw. R., dann st. G.-R.</p> <p>18. Fr. bis 9 U. R. u. mst. W., dann bew. u. mst. W. Nachm. abw. schw. R. bis N.</p> <p>19. Bew. u. r. N. abw. bew.</p> <p>20. Kl. u. r. N. abw. bew.</p> <p>21. Bis 9 U. nb., dann schw. R. M. bis Nachm. 4 U. abw. R., dann ver. Mn. schw. R.</p> <p>22. Fr. bew. u. r., am Tage abw. R. u. schw. W. Ab. bew. N. abw. schw. R. u. mst. W.</p> <p>23. Bis Nachm. 3 U. abw. bew. u. mst. W., dann meist kl.</p> <p>24. Kl. bis Nachm. 3 U. r., dann schw. W. Ab. u. N. r.</p> <p>25. Kl. bis Ab. N. bew. u. abw. R.</p> <p>26. Fr. bew., am Tage abw. bew. Ab. u. N. bew.</p> <p>27. Bis M. bew. u. r., dann abw. bew. u. r.</p> <p>28. Abw. bew. fr. r., am Tage schw. W. N. kl. u. r.</p> <p>29. Bis Nachm. 5 U. abw. bew. u. mst. W., dann schw. bew. u. schw. W. Ab. meist kl. u. r. N. bew.</p> <p>30. Bis M. abw. bew. u. r. Nachm. bew. u. schw. W. Ab. R. N. bew.</p> <p>31. Bis M. R. u. r., dann bew. u. abw. schw. W. Ab. u. N. ver.</p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

September.

| Datum.  | Lufttemperatur. | Bodentemperatur in 12 cm Tiefe. |                         |                          |                       |                      |        |       |        | Temperaturschwankungen. |        |                         |                          |                       |                      |        |      |        |       |
|---------|-----------------|---------------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------|----------------------|--------|-------|--------|-------------------------|--------|-------------------------|--------------------------|-----------------------|----------------------|--------|------|--------|-------|
|         |                 | Nackt.                          | Kiefernadeln.<br>2,5 cm | Fichtennadeln.<br>2,5 cm | Eichenlaub.<br>2,5 cm | Buchelaub.<br>2,5 cm | Moos.  |       |        |                         | Nackt. | Kiefernadeln.<br>2,5 cm | Fichtennadeln.<br>2,5 cm | Eichenlaub.<br>2,5 cm | Buchelaub.<br>2,5 cm | Moos.  |      |        |       |
|         |                 |                                 |                         |                          |                       |                      | 2,5 cm | 5 cm  | 7,5 cm | 10 cm                   |        |                         |                          |                       |                      | 2,5 cm | 5 cm | 7,5 cm | 10 cm |
| 1.—5.   | 12,33           | 14,40                           | 14,53                   | 14,61                    | 14,33                 | 14,30                | 14,39  | 14,52 | 14,65  | 14,65                   | 9,1    | 5,0                     | 4,3                      | 4,8                   | 4,6                  | 3,8    | 3,1  | 2,7    | 2,6   |
| 6.—10.  | 14,60           | 15,71                           | 15,59                   | 15,85                    | 15,36                 | 15,37                | 15,41  | 15,36 | 15,37  | 15,39                   | 10,5   | 5,3                     | 4,7                      | 5,4                   | 5,0                  | 4,4    | 3,0  | 2,2    | 2,0   |
| 11.—15. | 12,43           | 14,47                           | 14,65                   | 14,71                    | 14,50                 | 14,48                | 14,56  | 14,66 | 14,75  | 14,84                   | 4,2    | 2,0                     | 1,7                      | 1,6                   | 1,7                  | 1,4    | 1,1  | 0,9    | 0,8   |
| 16.—20. | 12,55           | 14,83                           | 14,56                   | 14,63                    | 14,32                 | 14,33                | 14,31  | 14,39 | 14,50  | 14,51                   | 8,1    | 4,0                     | 3,5                      | 4,5                   | 4,2                  | 3,5    | 2,3  | 1,5    | 1,4   |
| 21.—25. | 13,00           | 14,60                           | 13,94                   | 13,82                    | 13,71                 | 13,62                | 13,66  | 13,66 | 13,76  | 13,80                   | 7,4    | 3,8                     | 2,3                      | 3,8                   | 3,6                  | 3,6    | 2,2  | 1,6    | 1,4   |
| 26.—30. | 12,02           | 13,52                           | 13,46                   | 13,56                    | 13,31                 | 13,36                | 13,36  | 13,46 | 13,58  | 13,65                   | 5,7    | 2,7                     | 2,3                      | 3,0                   | 2,8                  | 2,4    | 1,6  | 1,2    | 1,1   |
| Mittel: | 12,82           | 14,59                           | 14,45                   | 14,50                    | 14,25                 | 14,24                | 14,28  | 14,34 | 14,43  | 14,47                   | 7,50   | 3,80                    | 3,13                     | 3,85                  | 3,65                 | 3,18   | 2,22 | 1,68   | 1,55  |

Witterung:

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>1. Fr. bew. u. thlw. R., dann R.<br/>                 2. Abw. st. u. schw. R.<br/>                 3. Fr. bew. u. r. Von 10 U. Vorm. ab<br/>                 abw. bew. Von Nachm. 4 U. ab meist kl.<br/>                 4. Schw. bew. Vorm. schw. W., sonst r.<br/>                 5. Fr. bew., sonst meist kl.<br/>                 6. Bis Nachm. 3 U. kl. u. r., dann thlw.<br/>                 bew. Ab. G. Von 8<sup>1</sup>/<sub>2</sub>—11 U. G.-R.,<br/>                 dann abw. bew.<br/>                 7. Abw. bew. u. r. Ab. bew. N. abw. R.<br/>                 8. R. u. r.<br/>                 9. Bis 10 U. Vorm. schw. R. u. r., dann<br/>                 bew.<br/>                 10. Fr. schw. bew. u. r. Von 10 U. Vorm.<br/>                 bis 2 U. Nachm. schw. R., dann bew.<br/>                 Ab. u. N. abw. schw. R.<br/>                 11. Bis 10 U. Vorm. bew. u. mst. W.,<br/>                 dann abw. R. u. r. Ab. u. N. bew.<br/>                 12. Fr. nb. u. r. Von 11 U. Vorm. bis<br/>                 3 U. Nachm. bew. u. mst. W., dann<br/>                 abw. bew. u. r. Ab. u. N. bew. u. r.<br/>                 13. Bis M. bew. u. r., dann abw. bew.<br/>                 u. mst. W. Von 5 U. Nachm. ab<br/>                 schw. bew. u. schw. W. Ab. u. N.<br/>                 kl. u. r.<br/>                 14. Fr. nb. u. mst. W. Von 10—12 U.<br/>                 Vorm. nb. u. r., dann bew. Ab. u.<br/>                 N. nb.</p> | <p>15. Bis M. nb. u. r., dann thlw. bew.<br/>                 Ab. nb. N. thlw. bew.<br/>                 16. Abw. bew. u. r. Nachm. 5<sup>1</sup>/<sub>2</sub> U. G.<br/>                 Ab. st. G.-R. N. schw. R.<br/>                 17. Fr. abw. schw. R. u. r., dann ver.<br/>                 18. Abw. bew. u. mst. W. Ab. u. N. kl.<br/>                 19. Fr. schw. Rf., sonst kl. u. mst. W.<br/>                 20. Fr. Rf. u. r., dann schw. bew. u.<br/>                 mst. W. Von 3 U. Nachm. ab kl.<br/>                 u. r.<br/>                 21. Bis M. nb. u. r., dann schw. bew. u.<br/>                 schw. W. Nachm., Ab. u. N. kl.<br/>                 u. r.<br/>                 22. Bis 9 U. Vorm. nb. u. r., dann kl.<br/>                 23. Kl. u. r.<br/>                 24. Kl. u. r. N. bew.<br/>                 25. Mg. schw. R., sonst bew. u. r.<br/>                 26. Bew. u. r.<br/>                 27. Bis M. nb. u. r., dann thlw. bew.<br/>                 Ab. u. N. kl.<br/>                 28. Fr. nb. u. r., sonst kl. u. r.<br/>                 29. Fr. kl. u. r., am Tage schw. bew.<br/>                 Von 5 U. Nachm. ver. Ab. von 8<br/>                 U. ab R.<br/>                 30. Fr. bis 8 U. R., dann bew. u. mst.<br/>                 W. bis Nachm. 4<sup>1</sup>/<sub>2</sub> U., dann abw.<br/>                 R. bis Mn.</p> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## Oktober.

| Datum.  | Lufttemperatur. | Bodentemperatur in 12 cm Tiefe. |                         |       |                         |       |                       |       |                       | Temperaturschwankungen. |        |                         |      |                         |      |                       |      |                       |      |
|---------|-----------------|---------------------------------|-------------------------|-------|-------------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------------|-------------------------|--------|-------------------------|------|-------------------------|------|-----------------------|------|-----------------------|------|
|         |                 | Nackt.                          | Kiefernadeln.<br>2,5 cm |       | Fichtenadeln.<br>2,5 cm |       | Eichenlaub.<br>2,5 cm |       | Buchenlaub.<br>2,5 cm |                         | Nackt. | Kiefernadeln.<br>2,5 cm |      | Fichtenadeln.<br>2,5 cm |      | Eichenlaub.<br>2,5 cm |      | Buchenlaub.<br>2,5 cm |      |
|         |                 |                                 | M o o s.                |       |                         |       | M o o s.              |       |                       |                         |        | M o o s.                |      |                         |      |                       |      |                       |      |
|         |                 |                                 |                         |       |                         |       |                       |       |                       |                         |        |                         |      |                         |      |                       |      |                       |      |
| 1.—5.   | 8,62            | 11,26                           | 11,69                   | 11,88 | 11,52                   | 11,46 | 11,70                 | 12,05 | 12,29                 | 12,30                   | 3,4    | 1,9                     | 1,9  | 2,2                     | 1,8  | 1,6                   | 1,2  | 1,1                   | 0,9  |
| 6.—10.  | 2,23            | 6,25                            | 7,32                    | 7,68  | 7,20                    | 7,24  | 7,85                  | 8,69  | 9,34                  | 9,43                    | 6,1    | 4,8                     | 4,8  | 5,0                     | 5,2  | 4,4                   | 4,0  | 3,5                   | 3,3  |
| 11.—15. | 5,31            | 7,08                            | 7,14                    | 7,21  | 7,14                    | 7,05  | 7,12                  | 7,50  | 7,97                  | 8,03                    | 5,0    | 2,4                     | 3,1  | 2,8                     | 2,5  | 3,0                   | 1,4  | 0,8                   | 0,8  |
| 16.—20. | 2,60            | 5,99                            | 6,20                    | 6,32  | 6,06                    | 6,04  | 6,18                  | 6,64  | 7,22                  | 7,27                    | 5,0    | 3,2                     | 2,7  | 2,9                     | 2,7  | 2,4                   | 1,9  | 1,3                   | 1,2  |
| 21.—25. | 3,56            | 4,81                            | 4,78                    | 4,74  | 4,80                    | 4,64  | 4,57                  | 5,00  | 5,60                  | 5,67                    | 5,6    | 2,5                     | 2,1  | 3,2                     | 3,0  | 1,9                   | 1,1  | 0,4                   | 0,4  |
| 26.—31. | 8,94            | 7,76                            | 6,78                    | 6,67  | 6,92                    | 6,87  | 6,44                  | 6,41  | 6,67                  | 6,65                    | 5,2    | 3,0                     | 2,5  | 3,1                     | 3,3  | 2,5                   | 2,1  | 2,0                   | 1,8  |
| Mittel: | 5,33            | 7,21                            | 7,30                    | 7,39  | 7,24                    | 7,20  | 7,28                  | 7,67  | 8,11                  | 8,24                    | 5,05   | 2,97                    | 2,68 | 3,20                    | 2,92 | 2,47                  | 1,95 | 1,52                  | 1,40 |

## Witterung:

1. Abw. bew. u. r. Ab. kl. N. abw. bew.
2. Fr. r., am Tage ver. Ab. schw. R. N. abw. st. R.
3. Bis 10 U. Vorm. schw. R. u. r., dann abw. st. R.
4. Bis 11 U. Vorm. abw. bew. u. r., dann bis 1 U. M. abw. R., später ver. N. schw. R.
5. Bis M. ver. u. r., dann abw. bew. Ab. kl. N. bew.
6. Fr. R. u. S. bis 7 U., dann bew. bis Nachm. 2 U., dann meist kl.
7. Bis Nachm. 2 U. nb., dann abw. R. u. S.
8. Bis M. S. u. r., dann bew. N. R. u. S.
9. Bis 10 U. Vorm. S., dann bew. Ab. u. N. kl.
10. Bew., fr. r., am Tage mst. W. N. abw. schw. R.
11. Bew., fr. r. Vorm. bis 11 U. schw. W., sonst r.
12. Fr. bew. u. r. Von 9 U. Vorm. ab thlw. bew. N. kl.
13. Fr. Rf. u. schw. bew. Von 8 U. Vorm. ab thlw. schw. bew. Vorm. mst. W. Nachm. r. Ab. von 5 U. ab abw. R.
14. Abw. R. u. schw. W. Ab. bew. u. r. N. kl.
15. Fr. Rf. bis M. nb., dann thlw. bew. N. kl.
16. Fr. Rf., am Tage nb., Ab. u. N. kl.
17. Fr. nb. u. r. Von 9—12 U. Vorm. mst. W., dann bew. u. r.
18. Fr. schw. bew. u. r., am Tage abw. bew. Ab. u. N. bew.
19. Bis Nachm. 4 U. abw. bew. u. mst. W., dann kl. u. schw. W.
20. Kl. fr. r., am Tage mst. W. Ab. u. N. abw. bew.
21. Kl. fr. schw. W., am Tage r.
22. Fr. Rf., sonst kl. u. schw. W.
23. Kl. u. r. N. nb.
24. Meist kl., thlw. schw. bew.
25. Fr. Rf., am Tage meist kl. Ab. u. N. schw. bew.
26. Fr. bew. u. r. am Tage, Ab. u. N. meist kl.
27. Fr. Rf., sonst kl.
28. Bis 8 U. fr. kl., dann bew. u. schw. W. Nachm. kl. u. r. Ebenso Ab. u. N.
29. Fr. schw. Rf. Vorm. kl. Nachm. thlw. bew. Ab. kl.
30. Fr. kl. u. r., am Tage thlw. nb. u. schw. W. Ab. kl. N. bew. u. mst. W.
31. Bis 9<sup>1</sup>/<sub>2</sub> U. Vorm. bew., st. W. u. abw. schw. R., dann bew. bis M., später abw. bew.

Zusammenstellung der Resultate.

1883.

| Monat.    | Lufttemperatur. | Bodentemperatur in 15 cm Tiefe. |             |             |                 |             |        | Temperaturschwankungen. |        |             |             |                 |             |      |      |
|-----------|-----------------|---------------------------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|--------|-------------------------|--------|-------------|-------------|-----------------|-------------|------|------|
|           |                 | Nacht.                          | Eichenlaub. | Buchenlaub. | Fichten-nadeln. | Strohdecke. |        |                         | Nacht. | Eichenlaub. | Buchenlaub. | Fichten-nadeln. | Strohdecke. |      |      |
|           |                 |                                 |             |             |                 | 5 cm        | 2,5 cm | 5 cm                    |        |             |             |                 | 0,5 cm      | 2 cm | 5 cm |
| Mai       | 12,64           | 13,89                           | 12,77       | 12,59       | 12,99           | 13,29       | 13,00  | 12,70                   | 7,82   | 2,63        | 2,36        | 2,55            | 5,52        | 3,58 | 2,88 |
| Juni      | 16,23           | 17,82                           | 17,03       | 16,67       | 17,14           | 17,42       | 17,15  | 16,99                   | 7,52   | 3,42        | 3,03        | 2,93            | 5,78        | 4,17 | 2,83 |
| Juli      | 16,33           | 19,11                           | 18,36       | 18,29       | 18,51           | 18,04       | 18,40  | 18,38                   | 6,57   | 3,36        | 3,12        | 2,37            | 5,48        | 3,52 | 2,13 |
| August    | 15,94           | 17,77                           | 17,39       | 17,04       | 17,27           | 17,54       | 17,26  | 17,24                   | 7,43   | 4,67        | 4,06        | 2,42            | 6,13        | 3,83 | 2,43 |
| September | 12,84           | 15,46                           | 15,23       | 15,22       | 15,47           | 15,29       | 15,35  | 15,50                   | 6,37   | 2,75        | 2,40        | 2,08            | 5,18        | 3,23 | 2,07 |
| Oktober   | 6,91            | 9,04                            | 9,61        | 9,74        | 9,90            | 9,09        | 9,50   | 9,70                    | 4,32   | 1,55        | 1,50        | 1,53            | 3,73        | 2,42 | 1,86 |
| Mittel:   | 13,32           | 15,51                           | 14,96       | 14,92       | 15,21           | 15,21       | 15,11  | 15,08                   | 6,67   | 3,04        | 2,74        | 2,31            | 5,30        | 3,46 | 2,32 |

1884.

| Monat.    | Lufttemperatur. | Bodentemperatur in 15 cm Tiefe. |       |       |             |                 |             | Temperaturschwankungen. |       |        |       |       |             |                 |             |      |      |
|-----------|-----------------|---------------------------------|-------|-------|-------------|-----------------|-------------|-------------------------|-------|--------|-------|-------|-------------|-----------------|-------------|------|------|
|           |                 | Nacht.                          | Gras. | Moos. | Buchenlaub. | Fichten-nadeln. | Strohdecke. |                         |       | Nacht. | Gras. | Moos. | Buchenlaub. | Fichten-nadeln. | Strohdecke. |      |      |
|           |                 |                                 |       |       |             |                 | 5 cm        | 5 cm                    | 5 cm  |        |       |       |             |                 | 0,5 cm      | 2 cm | 5 cm |
| April     | 6,06            | 7,86                            | 7,92  | 7,50  | 7,42        | 7,70            | 7,76        | 7,64                    | 7,58  | 5,87   | 2,03  | 1,45  | 1,53        | 2,03            | 3,65        | 3,02 | 1,63 |
| Mai       | 13,24           | 15,08                           | 13,24 | 13,41 | 13,12       | 13,56           | 14,11       | 13,76                   | 13,31 | 8,70   | 3,17  | 2,53  | 2,72        | 2,73            | 5,51        | 4,48 | 2,60 |
| Juni      | 12,42           | 14,97                           | 14,10 | 14,51 | 13,97       | 14,51           | 14,58       | 14,43                   | 14,18 | 7,88   | 3,08  | 2,42  | 2,32        | 2,72            | 4,87        | 4,23 | 2,67 |
| Juli      | 18,23           | 20,11                           | 19,28 | 18,77 | 18,52       | 18,85           | 19,24       | 19,06                   | 18,66 | 9,42   | 3,80  | 2,47  | 2,23        | 2,52            | 5,40        | 4,43 | 2,76 |
| August    | 16,55           | 18,92                           | 17,80 | 17,83 | 17,83       | 17,96           | 18,33       | 18,23                   | 17,82 | 8,58   | 2,48  | 1,97  | 2,00        | 2,18            | 5,05        | 3,97 | 2,42 |
| September | 13,47           | 15,44                           | 14,86 | 14,92 | 15,01       | 15,16           | 15,17       | 15,25                   | 15,17 | 7,42   | 2,10  | 1,67  | 1,95        | 2,12            | 4,17        | 3,25 | 2,17 |
| Mittel:   | 13,33           | 15,40                           | 14,53 | 14,49 | 14,31       | 14,62           | 14,86       | 14,73                   | 14,45 | 7,94   | 2,78  | 2,08  | 2,12        | 2,38            | 4,77        | 3,90 | 2,85 |

1888.

| Monat.  | Lufttemperatur. | Bodentemperatur in 12 cm Tiefe. |               |        |                |        |             |        |             | Temperaturschwankungen. |       |        |               |        |                |        |             |        |             |        |       |
|---------|-----------------|---------------------------------|---------------|--------|----------------|--------|-------------|--------|-------------|-------------------------|-------|--------|---------------|--------|----------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------|
|         |                 | Nacht.                          | Kiefernadeln. |        | Fichtennadeln. |        | Eichenlaub. |        | Buchenlaub. |                         | Moos: | Nacht. | Kiefernadeln. |        | Fichtennadeln. |        | Eichenlaub. |        | Buchenlaub. |        | Moos: |
|         |                 |                                 | 2,5 cm        | 2,5 cm | 2,5 cm         | 2,5 cm | 2,5 cm      | 2,5 cm | 5 cm        | 7,5 cm                  |       |        | 10 cm         | 2,5 cm | 2,5 cm         | 2,5 cm | 2,5 cm      | 2,5 cm | 5 cm        | 7,5 cm |       |
| Mai     | 13,23           | 15,11                           | 13,38         | 13,16  | 13,15          | 13,17  | 13,25       | 12,69  | 12,50       | 12,42                   | 9,70  | 3,48   | 3,07          | 3,27   | 3,43           | 3,37   | 2,23        | 1,78   | 1,45        |        |       |
| Juni    | 16,41           | 18,35                           | 17,34         | 17,20  | 17,05          | 17,03  | 17,28       | 16,86  | 16,66       | 16,55                   | 11,07 | 5,51   | 4,83          | 5,35   | 5,73           | 5,28   | 3,87        | 2,92   | 2,62        |        |       |
| Juli    | 15,04           | 16,57                           | 16,27         | 16,38  | 15,70          | 15,68  | 16,17       | 16,00  | 15,90       | 15,83                   | 7,93  | 3,65   | 3,48          | 3,63   | 3,40           | 3,98   | 2,27        | 1,82   | 1,78        |        |       |
| August  | 15,60           | 17,84                           | 17,06         | 17,04  | 16,54          | 16,55  | 16,89       | 16,66  | 16,56       | 16,49                   | 9,00  | 4,57   | 4,13          | 4,18   | 4,07           | 4,10   | 2,95        | 2,37   | 2,12        |        |       |
| Septbr. | 12,82           | 14,59                           | 14,45         | 14,50  | 14,25          | 14,24  | 14,28       | 14,34  | 14,43       | 14,47                   | 7,50  | 3,80   | 3,13          | 3,86   | 3,65           | 3,18   | 2,22        | 1,68   | 1,55        |        |       |
| Oktober | 5,33            | 7,21                            | 7,90          | 7,39   | 7,24           | 7,20   | 7,28        | 7,67   | 8,11        | 8,24                    | 5,05  | 2,97   | 2,68          | 3,20   | 2,92           | 2,47   | 1,95        | 1,52   | 1,40        |        |       |
| Mittel: | 13,07           | 14,94                           | 14,30         | 14,28  | 13,99          | 13,98  | 14,19       | 14,04  | 14,03       | 14,00                   | 8,37  | 4,00   | 3,55          | 3,90   | 3,87           | 3,63   | 2,58        | 2,01   | 1,82        |        |       |

**2. Täglicher Gang der Bodentemperatur.  
Versuch III (1888).**

**Mal.**

| Datum.         | Nackt.       |              |             | Kiefernnaedeln. |              |             | Fichtennaedeln. |              |             | Eichenlaub.  |              |             | Buchenlaub.  |              |             |
|----------------|--------------|--------------|-------------|-----------------|--------------|-------------|-----------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|
|                | 0            |              |             | 2,5 cm          |              |             | 2,5 cm          |              |             | 2,5 cm       |              |             | 2,5 cm       |              |             |
|                | Fr.          | Ab.          | D.          | Fr.             | Ab.          | D.          | Fr.             | Ab.          | D.          | Fr.          | Ab.          | D.          | Fr.          | Ab.          | D.          |
| 1.—5.          | 10,18        | 14,68        | 4,48        | 10,38           | 11,68        | 1,30        | 10,24           | 11,42        | 1,18        | 10,14        | 11,20        | 1,06        | 10,08        | 11,14        | 1,06        |
| 6.—10.         | 10,96        | 17,10        | 6,14        | 11,10           | 13,26        | 2,16        | 10,96           | 12,76        | 1,80        | 11,04        | 12,78        | 1,74        | 10,96        | 12,96        | 2,00        |
| 11.—15.        | 10,28        | 16,20        | 5,92        | 11,36           | 12,80        | 1,44        | 11,32           | 12,60        | 1,28        | 11,30        | 12,50        | 1,20        | 11,16        | 12,54        | 1,38        |
| 16.—20.        | 13,92        | 21,40        | 7,48        | 13,66           | 15,92        | 2,26        | 13,32           | 15,38        | 2,06        | 13,44        | 15,64        | 2,20        | 13,44        | 15,82        | 2,38        |
| 21.—25.        | 13,96        | 19,30        | 5,34        | 14,04           | 15,52        | 1,48        | 14,04           | 15,34        | 1,30        | 13,92        | 15,34        | 1,42        | 13,82        | 15,60        | 1,78        |
| 26.—31.        | 14,44        | 18,32        | 3,88        | 14,41           | 15,77        | 1,36        | 14,36           | 15,52        | 1,16        | 14,22        | 15,58        | 1,36        | 14,05        | 15,62        | 1,57        |
| <b>Mittel:</b> | <b>12,29</b> | <b>17,83</b> | <b>5,54</b> | <b>12,48</b>    | <b>14,16</b> | <b>1,68</b> | <b>12,37</b>    | <b>13,83</b> | <b>1,46</b> | <b>12,34</b> | <b>13,94</b> | <b>1,50</b> | <b>12,25</b> | <b>13,95</b> | <b>1,70</b> |

| Datum.         | Nackt.       |              |             | Moos.        |              |             | Moos.        |              |             | Moos.        |              |             | Moos.        |              |             |
|----------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|
|                | 0            |              |             | 2,5 cm       |              |             | 5 cm         |              |             | 7,5 cm       |              |             | 10 cm        |              |             |
|                | Fr.          | Ab.          | D.          | Fr.          | Ab.          | D.          | Fr.          | Ab.          | D.          | Fr.          | Ab.          | D.          | Fr.          | Ab.          | D.          |
| 1.—5.          | 10,18        | 14,68        | 4,48        | 10,28        | 11,16        | 0,88        | 9,94         | 10,38        | 0,44        | 9,74         | 10,24        | 0,50        | 9,44         | 10,20        | 0,76        |
| 6.—10.         | 10,96        | 17,10        | 6,14        | 11,02        | 13,22        | 2,20        | 10,76        | 12,02        | 1,26        | 10,64        | 11,58        | 0,94        | 10,64        | 11,42        | 0,78        |
| 11.—15.        | 10,28        | 16,20        | 5,92        | 11,24        | 12,68        | 1,44        | 11,30        | 11,88        | 0,58        | 11,84        | 11,76        | 0,42        | 11,82        | 11,58        | 0,26        |
| 16.—20.        | 13,92        | 21,40        | 7,48        | 13,48        | 15,78        | 2,30        | 13,06        | 14,42        | 1,36        | 12,76        | 13,84        | 1,08        | 12,74        | 13,72        | 0,98        |
| 21.—25.        | 13,96        | 19,30        | 5,34        | 14,00        | 15,88        | 1,88        | 13,92        | 14,72        | 0,80        | 13,94        | 14,48        | 0,54        | 13,92        | 14,34        | 0,42        |
| 26.—31.        | 14,44        | 18,32        | 3,88        | 14,42        | 15,62        | 1,20        | 14,22        | 15,02        | 0,80        | 14,22        | 14,78        | 0,56        | 14,24        | 14,68        | 0,44        |
| <b>Mittel:</b> | <b>12,29</b> | <b>17,83</b> | <b>5,54</b> | <b>12,41</b> | <b>13,97</b> | <b>1,56</b> | <b>12,20</b> | <b>13,07</b> | <b>0,87</b> | <b>12,11</b> | <b>12,78</b> | <b>0,67</b> | <b>12,05</b> | <b>12,66</b> | <b>0,61</b> |

**Juni.**

| Datum.         | Nackt.       |              |             | Kiefernnaedeln. |              |             | Fichtennaedeln. |              |             | Eichenlaub.  |              |             | Buchenlaub.  |              |             |
|----------------|--------------|--------------|-------------|-----------------|--------------|-------------|-----------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|
|                | 0            |              |             | 2,5 cm          |              |             | 2,5 cm          |              |             | 2,5 cm       |              |             | 2,5 cm       |              |             |
|                | Fr.          | Ab.          | D.          | Fr.             | Ab.          | D.          | Fr.             | Ab.          | D.          | Fr.          | Ab.          | D.          | Fr.          | Ab.          | D.          |
| 1.—5.          | 14,80        | 23,14        | 8,34        | 15,12           | 18,02        | 2,90        | 15,06           | 17,50        | 2,44        | 14,98        | 17,84        | 2,86        | 14,74        | 18,12        | 3,38        |
| 6.—10.         | 17,92        | 22,18        | 4,26        | 17,98           | 19,90        | 1,92        | 17,68           | 19,66        | 1,98        | 17,70        | 19,54        | 1,84        | 17,80        | 19,68        | 1,88        |
| 11.—15.        | 16,42        | 20,78        | 4,36        | 17,26           | 18,68        | 1,42        | 17,36           | 18,46        | 1,10        | 17,02        | 18,38        | 1,36        | 16,94        | 18,34        | 1,40        |
| 16.—20.        | 11,56        | 15,44        | 3,88        | 13,00           | 14,78        | 1,78        | 13,32           | 14,80        | 1,48        | 12,80        | 14,66        | 1,86        | 12,64        | 14,54        | 1,90        |
| 21.—25.        | 16,54        | 24,64        | 8,10        | 16,38           | 19,42        | 3,04        | 16,46           | 18,82        | 2,36        | 16,14        | 19,02        | 2,88        | 15,82        | 19,20        | 3,38        |
| 26.—30.        | 17,60        | 21,34        | 3,74        | 18,00           | 19,44        | 1,44        | 18,04           | 19,28        | 1,24        | 17,68        | 18,90        | 1,22        | 17,58        | 18,98        | 1,40        |
| <b>Mittel:</b> | <b>15,81</b> | <b>21,25</b> | <b>5,44</b> | <b>16,29</b>    | <b>18,37</b> | <b>2,08</b> | <b>16,32</b>    | <b>18,09</b> | <b>1,77</b> | <b>16,05</b> | <b>18,05</b> | <b>2,00</b> | <b>15,92</b> | <b>18,14</b> | <b>2,22</b> |

| Datum.         | Nackt.       |              |             | Moos.        |              |             | Moos.        |              |             | Moos.        |              |             | Moos.        |              |             |
|----------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|
|                | 0            |              |             | 2,5 cm       |              |             | 5 cm         |              |             | 7,5 cm       |              |             | 10 cm        |              |             |
|                | Fr.          | Ab.          | D.          | Fr.          | Ab.          | D.          | Fr.          | Ab.          | D.          | Fr.          | Ab.          | D.          | Fr.          | Ab.          | D.          |
| 1.—5.          | 14,80        | 23,14        | 8,34        | 15,20        | 17,88        | 2,68        | 14,92        | 16,46        | 1,54        | 14,80        | 15,90        | 1,10        | 14,70        | 15,54        | 0,84        |
| 6.—10.         | 17,92        | 22,18        | 4,26        | 18,10        | 19,72        | 1,62        | 17,64        | 18,74        | 1,10        | 17,40        | 18,18        | 0,78        | 17,26        | 18,06        | 0,82        |
| 11.—15.        | 16,42        | 20,78        | 4,36        | 17,36        | 18,46        | 1,10        | 17,68        | 17,82        | 0,14        | 17,56        | 17,64        | 0,08        | 17,45        | 17,45        | 0,00        |
| 16.—20.        | 11,56        | 15,44        | 3,88        | 13,32        | 14,78        | 1,46        | 13,86        | 14,74        | 0,88        | 14,30        | 14,92        | 0,62        | 14,46        | 14,80        | 0,34        |
| 21.—25.        | 16,54        | 24,64        | 8,10        | 16,24        | 18,82        | 2,58        | 16,08        | 17,68        | 1,60        | 15,98        | 17,04        | 1,06        | 15,93        | 16,85        | 0,92        |
| 26.—30.        | 17,60        | 21,34        | 3,74        | 18,10        | 19,44        | 1,34        | 17,92        | 18,72        | 0,80        | 17,80        | 18,42        | 0,62        | 17,76        | 18,38        | 0,62        |
| <b>Mittel:</b> | <b>15,81</b> | <b>21,25</b> | <b>5,44</b> | <b>16,39</b> | <b>18,18</b> | <b>1,79</b> | <b>16,35</b> | <b>17,86</b> | <b>1,01</b> | <b>16,31</b> | <b>17,02</b> | <b>0,71</b> | <b>16,26</b> | <b>16,85</b> | <b>0,59</b> |

Jul.

| Datum.  | Nackt. |       |      | Kiefernadeln. |       |      | Fichtennadeln. |       |      | Eichenlaub. |       |      | Buchenlaub. |       |      |
|---------|--------|-------|------|---------------|-------|------|----------------|-------|------|-------------|-------|------|-------------|-------|------|
|         | 0      |       |      | 2,5 cm        |       |      | 2,5 cm         |       |      | 2,5 cm      |       |      | 2,5 cm      |       |      |
|         | Fr.    | Ab.   | D.   | Fr.           | Ab.   | D.   | Fr.            | Ab.   | D.   | Fr.         | Ab.   | D.   | Fr.         | Ab.   | D.   |
| 1.—5.   | 12,72  | 16,04 | 3,32 | 14,04         | 15,44 | 1,40 | 14,34          | 15,60 | 1,26 | 13,54       | 15,34 | 1,80 | 13,52       | 15,18 | 1,66 |
| 6.—10.  | 14,40  | 18,68 | 4,28 | 15,42         | 17,20 | 1,78 | 15,56          | 17,29 | 1,72 | 15,04       | 17,20 | 2,16 | 15,10       | 16,92 | 1,82 |
| 11.—15. | 12,38  | 16,64 | 4,26 | 13,82         | 15,26 | 1,44 | 14,16          | 15,52 | 1,36 | 13,30       | 14,60 | 1,30 | 13,28       | 14,44 | 1,16 |
| 16.—20. | 15,22  | 18,82 | 3,62 | 15,74         | 16,86 | 1,12 | 15,82          | 16,86 | 1,04 | 15,06       | 15,88 | 0,82 | 15,12       | 16,00 | 0,88 |
| 21.—25. | 15,66  | 21,00 | 5,34 | 16,22         | 18,70 | 2,48 | 16,28          | 18,58 | 2,30 | 16,62       | 17,74 | 2,12 | 15,68       | 17,66 | 1,98 |
| 26.—31. | 16,83  | 19,68 | 2,80 | 17,41         | 18,55 | 1,14 | 17,45          | 18,47 | 1,02 | 16,80       | 17,72 | 0,92 | 16,90       | 17,70 | 0,80 |
| Mittel: | 14,53  | 18,47 | 3,94 | 15,44         | 17,00 | 1,56 | 15,60          | 17,05 | 1,45 | 14,98       | 16,41 | 1,52 | 14,93       | 16,31 | 1,38 |

| Datum.  | Nackt. |       |      | Moos.  |       |      | Moos. |       |      | Moos.  |       |      | Moos. |       |       |
|---------|--------|-------|------|--------|-------|------|-------|-------|------|--------|-------|------|-------|-------|-------|
|         | 0      |       |      | 2,5 cm |       |      | 5 cm  |       |      | 7,5 cm |       |      | 10 cm |       |       |
|         | Fr.    | Ab.   | D.   | Fr.    | Ab.   | D.   | Fr.   | Ab.   | D.   | Fr.    | Ab.   | D.   | Fr.   | Ab.   | D.    |
| 1.—5.   | 12,72  | 16,04 | 3,32 | 14,24  | 15,36 | 1,12 | 14,72 | 15,38 | 0,66 | 15,08  | 15,46 | 0,38 | 15,04 | 15,52 | 0,48  |
| 6.—10.  | 14,40  | 18,68 | 4,28 | 15,52  | 16,98 | 1,46 | 15,64 | 16,42 | 0,78 | 15,64  | 16,08 | 0,44 | 15,72 | 15,80 | 0,08  |
| 11.—15. | 12,38  | 16,64 | 4,26 | 13,96  | 15,08 | 1,12 | 14,44 | 14,92 | 0,48 | 14,70  | 14,90 | 0,20 | 14,90 | 14,30 | -0,10 |
| 16.—20. | 15,22  | 18,82 | 3,62 | 15,62  | 16,62 | 1,00 | 15,46 | 16,16 | 0,70 | 15,44  | 15,82 | 0,38 | 15,40 | 15,58 | 0,18  |
| 21.—25. | 15,66  | 21,00 | 5,34 | 16,12  | 18,44 | 2,32 | 16,02 | 17,44 | 1,42 | 15,90  | 16,84 | 0,94 | 15,84 | 16,54 | 0,70  |
| 26.—31. | 16,83  | 19,63 | 2,80 | 17,27  | 18,25 | 0,98 | 17,09 | 17,75 | 0,66 | 16,94  | 17,48 | 0,54 | 16,92 | 17,40 | 0,48  |
| Mittel: | 14,53  | 18,47 | 3,94 | 15,46  | 16,79 | 1,33 | 15,56 | 16,34 | 0,78 | 15,62  | 16,10 | 0,48 | 15,64 | 15,94 | 0,30  |

August.

| Datum.  | Nackt. |       |      | Kiefernadeln. |       |      | Fichtennadeln. |       |      | Eichenlaub. |       |      | Buchenlaub. |       |      |
|---------|--------|-------|------|---------------|-------|------|----------------|-------|------|-------------|-------|------|-------------|-------|------|
|         | 0      |       |      | 2,5 cm        |       |      | 2,5 cm         |       |      | 2,5 cm      |       |      | 2,5 cm      |       |      |
|         | Fr.    | Ab.   | D.   | Fr.           | Ab.   | D.   | Fr.            | Ab.   | D.   | Fr.         | Ab.   | D.   | Fr.         | Ab.   | D.   |
| 1.—5.   | 13,82  | 16,66 | 2,84 | 14,82         | 16,10 | 1,28 | 14,92          | 16,16 | 1,24 | 14,58       | 15,52 | 0,94 | 14,56       | 15,48 | 0,92 |
| 6.—10.  | 13,29  | 19,92 | 5,64 | 14,44         | 16,64 | 2,20 | 14,52          | 16,62 | 2,10 | 13,98       | 15,64 | 1,66 | 13,88       | 15,46 | 1,58 |
| 11.—15. | 19,42  | 25,96 | 6,54 | 18,14         | 21,00 | 2,86 | 18,04          | 20,50 | 2,46 | 17,96       | 19,82 | 2,46 | 17,52       | 19,98 | 2,46 |
| 16.—20. | 16,58  | 19,30 | 2,92 | 17,40         | 18,56 | 1,16 | 17,56          | 18,52 | 0,96 | 16,88       | 17,80 | 0,92 | 17,20       | 18,04 | 0,84 |
| 21.—25. | 14,18  | 19,00 | 4,82 | 15,38         | 17,20 | 1,82 | 15,64          | 17,14 | 1,50 | 15,20       | 16,96 | 1,76 | 15,20       | 16,80 | 1,60 |
| 26.—31. | 16,12  | 20,16 | 4,04 | 16,62         | 18,18 | 1,56 | 16,81          | 18,03 | 1,22 | 16,47       | 17,87 | 1,40 | 16,52       | 17,78 | 1,26 |
| Mittel: | 15,53  | 20,00 | 4,47 | 16,13         | 17,94 | 1,81 | 16,25          | 17,83 | 1,58 | 15,76       | 17,28 | 1,52 | 15,81       | 17,26 | 1,45 |

| Datum.  | Nackt. |       |      | Moos.  |       |      | Moos. |       |      | Moos.  |       |      | Moos. |       |       |
|---------|--------|-------|------|--------|-------|------|-------|-------|------|--------|-------|------|-------|-------|-------|
|         | 0      |       |      | 2,5 cm |       |      | 5 cm  |       |      | 7,5 cm |       |      | 10 cm |       |       |
|         | Fr.    | Ab.   | D.   | Fr.    | Ab.   | D.   | Fr.   | Ab.   | D.   | Fr.    | Ab.   | D.   | Fr.   | Ab.   | D.    |
| 1.—5.   | 13,82  | 16,66 | 2,84 | 14,92  | 15,94 | 1,02 | 15,20 | 15,72 | 0,52 | 15,44  | 15,64 | 0,20 | 15,62 | 15,54 | -0,08 |
| 6.—10.  | 13,28  | 18,92 | 5,64 | 14,38  | 16,14 | 1,76 | 14,58 | 15,60 | 1,02 | 14,72  | 15,36 | 0,64 | 14,68 | 15,02 | 0,36  |
| 11.—15. | 19,42  | 25,96 | 6,54 | 17,86  | 20,60 | 2,74 | 17,48 | 19,30 | 1,82 | 17,16  | 18,50 | 1,34 | 17,03 | 18,37 | 1,34  |
| 16.—20. | 16,58  | 19,30 | 2,92 | 17,50  | 18,30 | 0,80 | 17,58 | 18,02 | 0,44 | 17,62  | 17,98 | 0,36 | 17,64 | 18,00 | 0,36  |
| 21.—25. | 14,18  | 19,00 | 4,82 | 15,44  | 16,88 | 1,44 | 15,74 | 16,56 | 0,82 | 16,02  | 16,46 | 0,42 | 16,16 | 16,28 | 0,12  |
| 26.—31. | 16,12  | 20,16 | 4,04 | 12,66  | 17,88 | 1,22 | 16,66 | 17,37 | 0,72 | 16,63  | 17,13 | 0,50 | 16,31 | 17,13 | 0,82  |
| Mittel: | 15,53  | 20,00 | 4,47 | 16,12  | 17,62 | 1,50 | 16,20 | 17,09 | 0,89 | 16,26  | 16,84 | 0,58 | 16,24 | 16,72 | 0,48  |

## September.

| Datum.  | Nacht. |       |      | Kiefernadeln. |       |      | Fichtennadeln. |       |      | Eichenlaub. |       |      | Buchenlaub. |       |      |
|---------|--------|-------|------|---------------|-------|------|----------------|-------|------|-------------|-------|------|-------------|-------|------|
|         | 0      |       |      | 2,5 cm        |       |      | 2,5 cm         |       |      | 2,5 cm      |       |      | 2,5 cm      |       |      |
|         | Fr.    | Ab.   | D.   | Fr.           | Ab.   | D.   | Fr.            | Ab.   | D.   | Fr.         | Ab.   | D.   | Fr.         | Ab.   | D.   |
| 1.—5.   | 12,44  | 16,96 | 8,92 | 18,78         | 15,28 | 1,50 | 18,96          | 16,96 | 1,90 | 18,58       | 15,08 | 1,50 | 13,58       | 15,02 | 1,44 |
| 6.—10.  | 18,72  | 17,70 | 8,98 | 14,66         | 16,52 | 1,86 | 14,88          | 16,42 | 1,54 | 14,44       | 16,28 | 1,84 | 14,50       | 16,24 | 1,74 |
| 11.—15. | 13,84  | 16,60 | 2,26 | 14,22         | 15,08 | 0,96 | 14,84          | 15,08 | 0,74 | 14,06       | 14,94 | 0,88 | 14,04       | 14,92 | 0,88 |
| 16.—20. | 12,52  | 17,14 | 4,62 | 18,70         | 15,42 | 1,72 | 18,92          | 15,84 | 1,42 | 18,40       | 15,24 | 1,84 | 18,50       | 15,16 | 1,66 |
| 21.—25. | 11,94  | 17,26 | 5,32 | 12,88         | 15,00 | 2,12 | 18,06          | 14,58 | 1,62 | 12,52       | 14,90 | 2,38 | 12,50       | 14,72 | 2,22 |
| 26.—30. | 11,44  | 16,60 | 4,16 | 12,72         | 14,20 | 1,48 | 12,54          | 14,58 | 2,04 | 12,98       | 14,26 | 1,90 | 12,50       | 14,22 | 1,72 |
| Mittel: | 12,57  | 16,61 | 4,04 | 18,66         | 15,25 | 1,59 | 18,78          | 16,21 | 1,43 | 18,59       | 15,12 | 1,78 | 18,47       | 15,06 | 1,61 |

| Datum.  | Nacht. |       |      | Moos.  |       |      | Moos. |       |      | Moos.  |       |      | Mqos. |       |      |
|---------|--------|-------|------|--------|-------|------|-------|-------|------|--------|-------|------|-------|-------|------|
|         | 0      |       |      | 2,5 cm |       |      | 5 cm  |       |      | 7,5 cm |       |      | 10 cm |       |      |
|         | Fr.    | Ab.   | D.   | Fr.    | Ab.   | D.   | Fr.   | Ab.   | D.   | Fr.    | Ab.   | D.   | Fr.   | Ab.   | D.   |
| 1.—5.   | 12,44  | 16,96 | 8,92 | 18,82  | 14,96 | 1,14 | 14,16 | 14,88 | 0,72 | 14,42  | 14,88 | 0,46 | 14,54 | 14,76 | 0,22 |
| 6.—10.  | 18,72  | 17,70 | 8,98 | 14,62  | 16,20 | 1,58 | 14,84 | 16,88 | 1,04 | 15,02  | 15,72 | 0,70 | 15,16 | 15,62 | 0,46 |
| 11.—15. | 13,34  | 16,60 | 2,26 | 14,28  | 14,84 | 0,56 | 14,52 | 14,80 | 0,28 | 14,66  | 14,84 | 0,18 | 14,80 | 14,88 | 0,08 |
| 16.—20. | 12,52  | 17,14 | 4,62 | 18,72  | 14,90 | 1,18 | 14,04 | 14,74 | 0,70 | 14,80  | 14,70 | 0,40 | 14,44 | 14,58 | 0,14 |
| 21.—25. | 11,94  | 17,26 | 5,32 | 12,78  | 14,54 | 1,76 | 18,16 | 14,16 | 1,00 | 18,40  | 14,12 | 0,72 | 18,62 | 13,98 | 0,36 |
| 26.—30. | 11,44  | 16,60 | 4,16 | 12,74  | 18,98 | 1,24 | 18,04 | 18,88 | 0,84 | 18,86  | 18,80 | 0,44 | 18,60 | 18,70 | 0,10 |
| Mittel: | 12,57  | 16,61 | 4,04 | 18,66  | 14,90 | 1,24 | 18,96 | 14,72 | 0,76 | 14,19  | 14,67 | 0,48 | 14,88 | 14,59 | 0,23 |

## Oktober.

| Datum.  | Nacht. |       |      | Kiefernadeln. |       |       | Fichtennadeln. |       |       | Eichenlaub. |       |       | Buchenlaub. |       |       |
|---------|--------|-------|------|---------------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
|         | 0      |       |      | 2,5 cm        |       |       | 2,5 cm         |       |       | 2,5 cm      |       |       | 2,5 cm      |       |       |
|         | Fr.    | Ab.   | D.   | Fr.           | Ab.   | D.    | Fr.            | Ab.   | D.    | Fr.         | Ab.   | D.    | Fr.         | Ab.   | D.    |
| 1.—5.   | 10,82  | 12,20 | 1,88 | 11,86         | 12,02 | 0,66  | 11,60          | 12,16 | 0,66  | 11,08       | 11,96 | 0,88  | 11,08       | 11,84 | 0,76  |
| 6.—10.  | 6,00   | 6,50  | 0,50 | 7,88          | 7,26  | -0,12 | 7,98           | 7,88  | -0,80 | 7,24        | 7,16  | -0,08 | 7,28        | 7,20  | -0,06 |
| 11.—15. | 6,00   | 8,16  | 2,16 | 6,68          | 7,60  | 0,92  | 6,84           | 7,58  | 0,74  | 6,60        | 7,68  | 1,08  | 6,54        | 7,56  | 1,02  |
| 16.—20. | 4,96   | 7,02  | 2,06 | 5,80          | 6,60  | 0,80  | 6,06           | 6,68  | 0,52  | 5,66        | 6,66  | 1,00  | 5,60        | 6,48  | 0,88  |
| 21.—25. | 3,16   | 6,46  | 3,80 | 4,22          | 5,34  | 1,12  | 4,84           | 5,14  | 0,80  | 4,02        | 5,58  | 1,56  | 3,92        | 5,36  | 1,44  |
| 26.—31. | 5,67   | 9,83  | 4,16 | 6,04          | 7,52  | 1,48  | 6,01           | 7,88  | 1,82  | 6,04        | 7,80  | 1,76  | 5,99        | 7,75  | 1,76  |
| Mittel: | 6,02   | 8,96  | 2,34 | 6,91          | 7,72  | 0,81  | 7,14           | 7,70  | 0,56  | 6,76        | 7,79  | 1,03  | 6,74        | 7,70  | 0,96  |

| Datum.  | Nacht. |       |      | Moos.  |       |       | Moos. |       |       | Moos.  |       |       | Moos. |       |       |
|---------|--------|-------|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
|         | 0      |       |      | 2,5 cm |       |       | 5 cm  |       |       | 7,5 cm |       |       | 10 cm |       |       |
|         | Fr.    | Ab.   | D.   | Fr.    | Ab.   | D.    | Fr.   | Ab.   | D.    | Fr.    | Ab.   | D.    | Fr.   | Ab.   | D.    |
| 1.—5.   | 10,82  | 12,20 | 1,88 | 11,50  | 11,90 | 0,40  | 11,96 | 12,14 | 0,18  | 12,26  | 13,32 | 0,06  | 12,30 | 12,30 | 0,00  |
| 6.—10.  | 6,00   | 6,50  | 0,50 | 7,98   | 7,72  | -0,26 | 8,84  | 8,54  | -0,30 | 9,48   | 9,20  | -0,28 | 9,56  | 9,80  | -0,26 |
| 11.—15. | 6,00   | 8,16  | 2,16 | 6,78   | 7,46  | 0,68  | 7,82  | 7,68  | 0,86  | 7,88   | 8,06  | 0,18  | 7,96  | 8,10  | 0,14  |
| 16.—20. | 4,96   | 7,02  | 2,06 | 6,00   | 6,36  | 0,36  | 6,62  | 6,66  | 0,04  | 7,22   | 7,22  | 0,00  | 7,82  | 7,22  | -0,10 |
| 21.—25. | 3,16   | 6,46  | 3,30 | 4,18   | 4,96  | 0,78  | 4,82  | 5,18  | 0,36  | 5,56   | 5,64  | 0,08  | 5,66  | 5,68  | 0,02  |
| 26.—31. | 5,67   | 9,83  | 4,16 | 5,93   | 6,95  | 1,02  | 6,06  | 6,77  | 0,72  | 6,42   | 6,72  | 0,30  | 6,55  | 6,75  | 0,20  |
| Mittel: | 6,02   | 8,96  | 2,34 | 7,06   | 7,56  | 0,50  | 7,60  | 7,83  | 0,23  | 8,13   | 8,19  | 0,06  | 8,22  | 8,22  | 0,00  |



**Zusammenstellung der Resultate.**

| Monat.    | Nackt. |       |      | Kiefernadeln. |       |      | Fichtennadeln. |       |      | Eichenlaub. |       |      | Buchenlaub. |       |      |
|-----------|--------|-------|------|---------------|-------|------|----------------|-------|------|-------------|-------|------|-------------|-------|------|
|           | 0      |       |      | 2,5 cm        |       |      | 2,5 cm         |       |      | 2,5 cm      |       |      | 2,5 cm      |       |      |
|           | Fr.    | Ab.   | D.   | Fr.           | Ab.   | D.   | Fr.            | Ab.   | D.   | Fr.         | Ab.   | D.   | Fr.         | Ab.   | D.   |
| Mai       | 12,29  | 17,88 | 5,54 | 12,48         | 14,16 | 1,68 | 12,87          | 18,88 | 1,48 | 12,84       | 18,84 | 1,50 | 12,25       | 18,95 | 1,70 |
| Juni      | 15,81  | 21,25 | 5,44 | 16,29         | 18,37 | 2,08 | 16,82          | 18,09 | 1,77 | 16,05       | 18,06 | 2,00 | 15,92       | 18,14 | 2,22 |
| Juli      | 14,58  | 18,47 | 8,94 | 15,44         | 17,00 | 1,56 | 15,60          | 17,05 | 1,43 | 14,89       | 16,41 | 1,52 | 14,98       | 16,81 | 1,88 |
| August    | 15,58  | 20,00 | 4,47 | 16,18         | 17,94 | 1,81 | 16,26          | 17,88 | 1,68 | 15,76       | 17,28 | 1,62 | 15,81       | 17,28 | 1,48 |
| September | 12,57  | 16,61 | 4,04 | 13,66         | 15,25 | 1,59 | 13,78          | 15,31 | 1,43 | 13,89       | 15,12 | 1,78 | 13,47       | 15,06 | 1,61 |
| Oktober   | 6,02   | 8,86  | 2,84 | 6,91          | 7,72  | 0,81 | 7,14           | 7,70  | 0,56 | 6,76        | 7,79  | 1,08 | 6,74        | 7,70  | 0,86 |
| Mittel:   | 12,79  | 17,09 | 4,80 | 13,49         | 15,07 | 1,59 | 13,58          | 14,96 | 1,37 | 13,20       | 14,75 | 1,55 | 13,18       | 14,78 | 1,55 |

| Datum.    | Nackt. |       |      | Moos.  |       |      | Moos. |       |      | Moos.  |       |      | Moos. |       |      |
|-----------|--------|-------|------|--------|-------|------|-------|-------|------|--------|-------|------|-------|-------|------|
|           | 0      |       |      | 2,5 cm |       |      | 5 cm  |       |      | 7,5 cm |       |      | 10 cm |       |      |
|           | Fr.    | Ab.   | D.   | Fr.    | Ab.   | D.   | Fr.   | Ab.   | D.   | Fr.    | Ab.   | D.   | Fr.   | Ab.   | D.   |
| Mai       | 12,29  | 17,88 | 5,54 | 12,41  | 13,97 | 1,56 | 12,30 | 13,07 | 0,87 | 12,11  | 12,78 | 0,67 | 12,05 | 12,66 | 0,61 |
| Juni      | 15,81  | 21,25 | 5,44 | 16,39  | 18,18 | 1,79 | 16,35 | 17,98 | 1,01 | 16,81  | 17,02 | 0,71 | 16,28 | 16,85 | 0,59 |
| Juli      | 14,58  | 18,47 | 8,94 | 15,46  | 16,79 | 1,33 | 15,56 | 16,84 | 0,78 | 15,62  | 16,10 | 0,48 | 15,64 | 16,94 | 0,80 |
| August    | 15,58  | 20,00 | 4,47 | 16,12  | 17,62 | 1,50 | 16,20 | 17,09 | 0,89 | 16,28  | 16,84 | 0,58 | 16,24 | 16,72 | 0,48 |
| September | 12,57  | 16,61 | 4,04 | 13,66  | 14,90 | 1,24 | 13,96 | 14,72 | 0,78 | 14,19  | 14,67 | 0,48 | 14,86 | 14,59 | 0,38 |
| Oktober   | 6,02   | 8,86  | 2,84 | 7,06   | 7,56  | 0,50 | 7,60  | 7,83  | 0,23 | 8,13   | 8,19  | 0,06 | 8,22  | 8,22  | 0,00 |
| Mittel:   | 12,79  | 17,09 | 4,80 | 13,52  | 14,84 | 1,32 | 13,64 | 14,40 | 0,76 | 13,77  | 14,27 | 0,50 | 13,79 | 14,16 | 0,37 |

Bei Durchsicht dieser Zahlen ergibt sich mit voller Deutlichkeit,

- 1) daß der mit Streu bedeckte Boden während der wärmeren Jahreszeit und bei steigender Temperatur kälter, während der kälteren Jahreszeit<sup>1)</sup> und bei sinkender Temperatur dagegen wärmer ist als der nackte;
- 2) daß die Temperatur des nackten Erdreichs zur Zeit des täglichen Minimums im Frühjahr und Sommer niedriger, zur Zeit des täglichen Maximums dagegen höher ist als diejenige des mit einer Streudecke versehenen Bodens von sonst gleicher Beschaffenheit;
- 3) daß demgemäß die Schwankungen der Temperatur des nackten Bodens beträchtlich größer sind als in dem mit Streu bedeckten, sowie daß dieselben in letzterem in dem Maße abnehmen, je mächtiger die obenaufliegende Streuschicht ist;
- 4) daß das Eichen- und Buchenlaub während der wärmeren Jahreszeit die Bodentemperatur in stärkstem Maße

<sup>1)</sup> Vergl. die Beobachtungen im Oktober 1888.

herabdrücken, dann folgt das Moos, während die Erwärmung unter einer Decke von Kiefern- und Fichtennadeln sich am günstigsten gestaltet;

- 5) daß die ad 4 charakterisirten Unterschiede in der Bodentemperatur verhältnißmäßig sehr gering sind.

Der Einfluß der Streudecke auf die Temperaturverhältnisse des Bodens ist hauptsächlich darauf zurückzuführen, daß die betreffenden Materialien einerseits, in ähnlicher Weise wie lebende Pflanzen, den direkten Einfluß der Insolation auf die Bodenoberfläche hindern, andererseits wegen der beträchtlichen Luftmengen, welche sie einschließen, ein geringeres Wärmeleitungsvermögen, und in Folge eines verhältnißmäßig hohen Wassergehaltes eine größere Wärmekapazität besitzen als der Boden.

Diese Eigenschaften bedingen nothwendigerweise, daß das mit Streu bedeckte Land bei steigender Temperatur (Frühjahr) und während der wärmeren Jahreszeit (Sommer) keine so hohe Temperatur annehmen kann als das nackte, und daß es bei sinkender Temperatur (Herbst) und während der kälteren Jahreszeit (Winter) in seiner Temperatur eine geringere Erniedrigung erfährt als letzteres. Gleichzeitig sind die geschilderten Eigenschaften der in Rede stehenden Bodendecken derart, daß in dem Gange der Temperatur des mit einer Streudecke versehenen Erdreichs geringere Schwankungen auftreten müssen als in der nackten Erde.

In Bezug auf die Wirkungen der verschiedenen Streudecken auf die Temperaturverhältnisse des von denselben bedeckten Erdreichs ist zunächst zu berücksichtigen, daß alle diese Materialien der Wärme gegenüber ein ähnliches Verhalten zeigen, weil sie ausschließlich aus vegetabilischen Substanzen bestehen und aus diesem Grunde hinsichtlich ihrer thermischen Eigenschaften sich nicht wesentlich von einander unterscheiden können. Dafür spricht überdies der Umstand, daß die in den Jahren 1883 und 1884 in den Versuchen angewendete Strohecke sich in Bezug auf die Beeinflussung der Bodentemperatur der Waldstreu analog verhielt. Wenn dennoch einige, wenn auch verhältnißmäßig geringe Verschiedenheiten in der Erwärmung der mit verschiedenen Streumaterialien bedeckten Versuchspartellen sich geltend machten, so kann dies nur auf Unterschieden in den Lagerungsverhältnissen, von welchen die Luft resp. die Wasserkapazität der betreffenden Substanzen, sowie das Verdunstungsvermögen abhängig sind, beruhen.

Der Umstand, daß die Bodentemperatur unter der Eichen- und Buchenlaubdecke etwas niedriger war als unter der Nadelstreu, wird darauf zurückzuführen sein, daß erstere Materialien eine größere Wärmekapazität wegen vergleichsweise höheren Wassergehaltes und ein etwas stärkeres Verdunstungsvermögen besitzen als die Streu der Nadelbäume (vergl. I. B.). Aus diesen Gründen erwärmt sich, wie unter II. A. 2 nachgewiesen wurde, der Boden unter der Nadelstreu am Tage ein wenig stärker als der mit Laubstreu bedeckte. Wenn des Nachts die Abkühlung des Erdreichs in ersterem Fall in weniger starkem Grade stattfindet als in letzterem, so kann dies nur darauf beruhen, daß die Laubstreu in Folge ihres höheren Wassergehaltes die Wärme besser leitet als die Nadelstreu, welche wegen höherer Luftkapazität ein vergleichsweise schlechteres Wärmeleitungsvermögen besitzt.

Das Moos besitzt zwar das größte Verdunstungsvermögen und müßte, wenn dieses allein für die Erwärmung maßgebend wäre, die niedrigste Temperatur besitzen und deshalb auch den darunter befindlichen Boden auf einer vergleichsweise niederen Temperatur erhalten, allein da dasselbe bei höheren Wärmegraden und stärkeren Luftbewegungen leicht austrocknet, so ist seine Wärmekapazität eine niedrige und die Wärmeleitung wegen hoher Luftkapazität eine geringe. Ersterer Umstand bedingt, daß das Moos sich in Zeiten der Trockenheit stärker erwärmen kann als die Laubstreu (wegen der schlechten Wärmeleitung aber nicht in dem Maße wie die besser leitende Nadelstreu), letzteres Moment bedingt, daß die Abkühlung derselben, wie auch des darunter befindlichen Bodens während der Nacht eine relativ geringe ist. Beide Ursachen zusammen bringen es mit sich, daß der mit Moos bedeckte Boden im Vergleich zu dem mit anderen Streudecken versehenen die geringsten Temperaturschwankungen aufweist.

Vergleicht man die für die Streudecken selbst ermittelten Temperaturen <sup>1)</sup> mit den Temperaturen des Bodens unter der Streudecke, wie solche in der vorstehenden Abhandlung mitgeteilt worden sind, so ergibt sich nur zwischen dem Fichten- und Eichenlaub eine Uebereinstimmung, und zwar insofern, als in dem Versuch im Jahre 1887 erstere sich stärker erwärmte als letztere, und dies auch bezüglich der

---

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. X. 1887. S. 417—428.

Erwärmung des Bodens unter den betreffenden Streudecken in dem Versuche vom Jahre 1888 der Fall war. Zieht man jedoch die übrigen Materialien mit in Betracht, dann treten verschiedene Abweichungen hervor, wie aus folgenden Zahlen hervorgeht:

Mittlere Temperatur der Streusorten.

|       | Fichtennadeln. | Eichenlaub. | Kiefernadeln. | Moos.   |
|-------|----------------|-------------|---------------|---------|
| 1887. | 16,93°         | 16,62°      | 16,34°        | 15,95°. |

Mittlere Temperatur des Bodens unter der Streudecke.

|       |        |        |        |         |
|-------|--------|--------|--------|---------|
| 1888. | 14,28° | 13,99° | 14,30° | 14,19°. |
|-------|--------|--------|--------|---------|

In absteigender Reihe würden demnach die Streusorten in Bezug auf ihre eigene Erwärmungsfähigkeit, sowie hinsichtlich der von denselben ausgeübten Wirkungen wie folgt rangiren:

| 1887.          | 1888.                      |
|----------------|----------------------------|
| Fichtennadeln, | Fichten- und Kiefernadeln, |
| Eichenlaub,    | Moos,                      |
| Kiefernadeln,  | Eichenlaub.                |
| Moos.          |                            |

Diese Abweichungen sind vielleicht dadurch zu erklären, daß die Lagerung der Streuthelle in den verschiedenen Jahren wahrscheinlich eine ungleiche war. Es darf hieraus durchaus nicht etwa ein Vorwurf abgeleitet werden, weil es in der That unmöglich ist, derartige voluminöse Materialien, wie die Streumaterialien, in den verschiedenen Versuchsjahren genau in derselben Weise einzufüllen. Dazu kommt, daß im Jahr 1887, in welchem die Temperatur in der Streu selbst beobachtet wurde, die Streusorten eine 20 cm hohe zusammenhängende Schicht bildeten, während sie im Jahre 1888 eine Lage von 2,5 cm Höhe besaßen und durch das darunter liegende Erdreich in ihren für die Erwärmung maßgebenden Feuchtigkeitsverhältnissen modifizirt wurden. Letzteres ist im hohen Grade insofern wahrscheinlich, als nach anderweitigen Untersuchungen<sup>1)</sup> der Uebertritt des Wassers aus einer feinkörnigen (Erde) in eine Schicht von gröberer Textur außerordentlich erschwert ist. Ueberdies ist anzunehmen, daß die Streumaterialien aus letzterem Grunde, sowie in Folge von Abweichungen im Witterungsgange sich in den verschiedenen Jahrgängen in wechselnder Weise zersetzt und daher in den verschiedenen

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. VIII. 1885. S. 211—218.

Versuchsjahren zum Theil von einander abweichende Eigenschaften der Wärme gegenüber angenommen haben werden.

In dem Betracht, daß die Resultate der Versuche über den Einfluß der Streudecke auf die Bodentemperatur in den Versuchsjahren 1883, 1884 und 1888 mit einander vollständig übereinstimmen, werden hauptsächlich diese als normgebend für die Beurtheilung der obwaltenden Verhältnisse angesehen werden müssen. Danach würde die Annahme berechtigt erscheinen, daß einerseits Eichen- und Buchenlaub, andererseits Fichten- und Kiefernadeln bei gleicher Mächtigkeit der Schicht sich in Bezug auf die Beeinflussung der Bodentemperatur ganz ähnlich verhalten, und daß erstere Streusorten die Bodentemperatur in stärkstem Maße herabdrücken, daß dann das Moos folgt, während die Erwärmung des Erdreichs unter einer Decke von Kiefern- und Fichtennadeln sich am günstigsten gestaltet.

Wie bereits oben angeführt, sind die betreffenden Unterschiede sehr gering, so daß die Frage aufgeworfen werden kann, ob denselben eine ernstliche Bedeutung beigemessen werden darf. Man wird diese Frage ohne Bedenken verneinen können, weil anzunehmen ist, daß die schon an sich geringen Verschiedenheiten in der Erwärmung der oberen Schichten in den tieferen, von den Wurzeln der Waldbäume besetzten Erdpartien mehr oder weniger vollständig verschwinden, sowie, daß in Wirklichkeit die Unterschiede zwischen den einzelnen Streusorten bezüglich ihrer Einwirkung auf die Bodenwärme durch die seitens der Bäume ausgeübte starke Beschattung des Bodens ausgeglichen werden.

#### ***B. Der Einfluß der Streudecke auf die Bodenfeuchtigkeit.***

Um den Einfluß der Streudecke auf den Wassergehalt des Bodens festzustellen, wurden auf den zu den Temperaturbeobachtungen benutzten Parzellen Erdproben bis zu 20 cm Tiefe ausgehoben, welche alsdann behufs Entfernung der Steinchen und der Durchmischung durch ein grobes Sieb getrieben wurden. Diese Prozeduren wurden, um etwaige Verdunstungsverluste zu vermeiden, mit möglichster Schnelligkeit vorgenommen. Das Trocknen der aus der gesiebten Erde (humoser Kalksandboden) hergestellten und in ein verschließbares Glas verbrachten Mittelprobe, im Gewicht von ca. 18—24 gr, geschah in allen Versuchen bei 105° C., bis keine Abnahme mehr durch Wägen konstatiert werden konnte. Die Ergebnisse der betreffenden Bestimmungen sind aus folgenden Tabellen ersichtlich:

a. Der Einfluß der Streudecke auf den Wassergehalt des Bodens.  
Versuch I (1888).

| Datum.          | Wassergehalt des Bodens (Gew.-Proz.). |                          |                          |                             |                           |       |       |
|-----------------|---------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------|-------|-------|
|                 | Nackt.                                | Eichen-<br>laub.<br>5 cm | Buchen-<br>laub.<br>5 cm | Fichten-<br>nadeln.<br>5 cm | Strohdecke. <sup>1)</sup> |       |       |
|                 |                                       |                          |                          |                             | 0,5 cm                    | 2 cm  | 5 cm  |
| 16. Mai . . .   | 21,12                                 | 26,21                    | 26,62                    | 26,09                       | 24,11                     | 24,51 | 25,14 |
| 28. " . . .     | 22,67                                 | 26,81                    | 26,93                    | 26,92                       | 24,42                     | 27,16 | 26,62 |
| 14. Juni . . .  | 24,57                                 | 28,56                    | 29,78                    | 28,58                       | 27,48                     | 28,18 | 27,09 |
| 20. " . . .     | 25,82                                 | 28,11                    | 28,81                    | 28,16                       | 27,14                     | 28,38 | 28,47 |
| 9. Juli . . .   | 18,27                                 | 25,50                    | 26,79                    | 27,73                       | 21,90                     | 25,75 | 26,28 |
| 3. August . . . | 22,89                                 | 28,33                    | 28,18                    | 27,59                       | 24,92                     | 28,12 | 27,07 |
| 15. " . . .     | 18,52                                 | 27,54                    | 27,04                    | 27,57                       | 22,44                     | 25,79 | 27,76 |
| 24. " . . .     | 17,72                                 | 25,90                    | 25,91                    | 29,96                       | 23,75                     | 26,49 | 27,79 |
| 28. " . . .     | 16,21                                 | 24,87                    | 26,06                    | 26,49                       | 18,92                     | 25,84 | 26,43 |
| 3. September .  | 14,22                                 | 23,40                    | 25,06                    | 24,08                       | 16,74                     | 21,12 | 23,89 |
| 15. " . . .     | 16,98                                 | 25,39                    | 26,15                    | 27,28                       | 22,67                     | 25,79 | 26,39 |
| 2. Oktober . .  | 23,92                                 | 27,55                    | 28,24                    | 30,42                       | 24,72                     | 26,67 | 27,67 |
| Mittel:         | 20,24                                 | 26,51                    | 27,13                    | 27,57                       | 23,27                     | 26,15 | 26,72 |

## Versuch II (1884).

| Datum.                  | Wassergehalt des Bodens (Gew.-Proz.). |        |                         |                          |                             |                           |       |       |
|-------------------------|---------------------------------------|--------|-------------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------|-------|-------|
|                         | Gras.                                 | Nackt. | Moos-<br>decke.<br>5 cm | Buchen-<br>laub.<br>5 cm | Fichten-<br>nadeln.<br>5 cm | Strohdecke. <sup>1)</sup> |       |       |
|                         |                                       |        |                         |                          |                             | 0,5 cm                    | 2 cm  | 5 cm  |
| 1. Mai . . . . .        | 23,19                                 | 21,09  | 27,67                   | 27,73                    | 32,13                       | 25,58                     | 28,31 | 28,47 |
| 10. " . . . . .         | 21,75                                 | 21,44  | 28,65                   | 28,68                    | 28,15                       | 24,69                     | 27,34 | 28,42 |
| 14. " . . . . .         | 14,16                                 | 18,72  | 26,80                   | 27,09                    | 27,84                       | 23,96                     | 25,37 | 28,04 |
| 23. " . . . . .         | 10,99                                 | 17,75  | 26,44                   | 26,78                    | 28,20                       | 23,44                     | 24,22 | 25,92 |
| 29. " . . . . .         | 8,93                                  | 14,15  | 24,63                   | 25,73                    | 27,41                       | 18,29                     | 21,59 | 22,01 |
| 6. Juni . . . . .       | 14,73                                 | 23,42  | 29,41                   | 28,58                    | 29,11                       | 26,08                     | 25,18 | 25,67 |
| 15. " . . . . .         | 17,75                                 | 20,65  | 27,83                   | 27,85                    | 28,08                       | 23,53                     | 24,91 | 27,22 |
| 23. " . . . . .         | 23,44                                 | 23,42  | 28,60                   | 28,92                    | 29,17                       | 25,03                     | 27,25 | 27,63 |
| 2. Juli . . . . .       | 16,03                                 | 18,22  | 26,77                   | 26,58                    | 27,65                       | 22,90                     | 25,45 | 25,89 |
| 9. " . . . . .          | 17,19                                 | 20,36  | 29,21                   | 27,79                    | 26,89                       | 23,69                     | 24,98 | 27,74 |
| 15. " . . . . .         | 11,91                                 | 17,19  | 27,95                   | 26,60                    | 26,66                       | 21,74                     | 23,87 | 25,45 |
| 30. " . . . . .         | 22,91                                 | 22,77  | 27,04                   | 28,42                    | 29,33                       | 25,08                     | 26,18 | 28,28 |
| 8. August . . . . .     | 19,66                                 | 19,23  | 27,17                   | 27,87                    | 28,16                       | 23,98                     | 25,21 | 26,62 |
| 13. " . . . . .         | 9,05                                  | 13,16  | 26,14                   | 26,57                    | 27,09                       | 19,88                     | 22,08 | 23,72 |
| 22. " . . . . .         | 15,95                                 | 19,51  | 25,46                   | 29,52                    | 27,71                       | 24,11                     | 24,79 | 21,18 |
| 29. " . . . . .         | 20,23                                 | 22,23  | 27,07                   | 28,72                    | 29,28                       | 24,90                     | 25,08 | 26,52 |
| 25. September . . . . . | 14,23                                 | 19,34  | 26,68                   | 27,75                    | 26,90                       | 22,63                     | 23,99 | 22,33 |
| Mittel:                 | 16,59                                 | 19,57  | 27,27                   | 27,72                    | 28,22                       | 23,49                     | 25,04 | 25,96 |

<sup>1)</sup> Winterroggenstroh in ca. 2 cm lange Stücke zerhackt.

## Versuch III (1888).

| Datum.       | Wassergehalt des Bodens (Gew.-Proz.). |          |          |         |         |                |       |        |       |
|--------------|---------------------------------------|----------|----------|---------|---------|----------------|-------|--------|-------|
|              | Nackt.                                | Fichten- | Kiefern- | Eichen- | Buchen- | Moos (Hypnum). |       |        |       |
|              |                                       | nadeln.  | nadeln.  | laub.   | laub.   | 2,5 cm         | 5 cm  | 7,5 cm | 10 cm |
|              | 2,5 cm                                | 2,5 cm   | 2,5 cm   | 2,5 cm  | 2,5 cm  | 2,5 cm         | 5 cm  | 7,5 cm | 10 cm |
| 3. Mai . .   | 15,79                                 | 19,59    | 20,67    | 19,88   | 18,67   | 16,48          | 17,53 | 17,55  | 18,01 |
| 8. " . .     | 15,34                                 | 18,14    | 18,99    | 18,65   | 18,78   | 19,52          | 20,69 | 20,39  | 18,72 |
| 17. " . .    | 16,84                                 | 19,46    | 20,76    | 20,15   | 20,59   | 20,46          | 20,42 | 21,86  | 20,53 |
| 23. " . .    | 15,77                                 | 18,09    | 19,39    | 18,69   | 19,01   | 20,05          | 20,06 | 22,84  | 21,01 |
| 6. Juni . .  | 17,66                                 | 19,17    | 20,72    | 20,94   | 21,16   | 21,68          | 22,21 | 21,12  | 21,29 |
| 12. " . .    | 17,70                                 | 19,78    | 21,03    | 20,39   | 20,52   | 20,95          | 21,64 | 21,23  | 22,00 |
| 21. " . .    | 16,54                                 | 19,15    | 20,39    | 19,56   | 19,39   | 20,83          | 21,62 | 21,05  | 21,31 |
| 28. " . .    | 15,08                                 | 18,41    | 19,53    | 19,56   | 18,93   | 19,78          | 19,25 | 21,11  | 23,82 |
| 10. Juli . . | 18,57                                 | 21,14    | 21,22    | 21,49   | 20,98   | 21,46          | 22,30 | 22,68  | 22,50 |
| 17. " . .    | 16,97                                 | 20,22    | 20,83    | 20,05   | 20,61   | 21,15          | 21,23 | 23,65  | 22,82 |
| 17. August . | 18,08                                 | 21,40    | 21,15    | 21,09   | 21,40   | 21,58          | 22,71 | 22,58  | 23,17 |
| 25. " . .    | 16,52                                 | 20,27    | 20,52    | 21,20   | 21,34   | 21,62          | 22,03 | 21,63  | 21,47 |
| 28. " . .    | 15,70                                 | 19,62    | 20,15    | 22,18   | 19,71   | 20,41          | 20,23 | 21,45  | 21,50 |
| Mittel:      | 16,66                                 | 19,57    | 20,41    | 20,29   | 20,08   | 20,45          | 20,92 | 21,43  | 21,40 |

## Versuch IV (1889).

|              |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 8. April . . | 16,93 | 17,93 | 19,23 | 18,34 | 18,68 | 19,11 | 18,54 | 18,21 | 20,10 |
| 17. " . .    | 19,25 | 19,09 | 19,84 | 18,67 | 20,09 | 20,21 | 20,72 | 20,25 | 21,76 |
| 23. " . .    | 16,49 | 18,00 | 17,82 | 18,61 | 18,37 | 19,62 | 19,03 | 19,72 | 19,81 |
| 30. " . .    | 16,73 | 18,35 | 19,62 | 17,54 | 19,54 | 19,98 | 20,58 | 20,55 | 20,14 |
| 7. Mai . .   | 15,27 | 18,44 | 19,38 | 17,90 | 18,38 | 19,34 | 19,85 | 20,62 | 19,80 |
| 14. " . .    | 13,68 | 17,25 | 17,12 | 16,23 | 16,99 | 18,77 | 18,52 | 18,91 | 19,39 |
| 22. " . .    | 18,36 | 19,33 | 20,37 | 19,28 | 20,09 | 20,61 | 20,83 | 20,79 | 21,20 |
| 28. " . .    | 17,84 | 19,28 | 20,34 | 19,17 | 19,75 | 20,61 | 20,64 | 20,56 | 20,74 |
| 4. Juni . .  | 22,35 | 20,52 | 21,88 | 21,91 | 22,47 | 23,39 | 23,62 | 23,45 | 24,28 |
| 11. " . .    | 19,14 | 19,07 | 19,49 | 18,50 | 19,18 | 20,02 | 21,73 | 21,57 | 21,64 |
| 18. " . .    | 20,19 | 20,89 | 21,48 | 20,15 | 20,45 | 22,55 | 22,08 | 21,96 | 22,05 |
| 25. " . .    | 16,58 | 18,69 | 19,16 | 18,48 | 18,45 | 19,00 | 20,07 | 19,60 | 20,69 |
| 2. Juli . .  | 20,17 | 20,16 | 20,77 | 19,69 | 20,05 | 20,86 | 21,17 | 21,63 | 22,23 |
| 9. " . .     | 15,74 | 20,54 | 20,86 | 20,18 | 19,98 | 20,48 | 20,68 | 21,39 | 19,09 |
| 16. " . .    | 18,24 | 20,10 | 20,65 | 19,09 | 21,25 | 21,17 | 21,72 | 21,16 | 23,77 |
| 24. " . .    | 18,13 | 18,86 | 20,70 | 18,73 | 18,73 | 19,91 | 20,80 | 21,00 | 20,79 |
| 30. " . .    | 21,58 | 21,19 | 22,19 | 20,34 | 21,47 | 22,27 | 23,49 | 23,28 | 23,61 |
| 6. August .  | 19,08 | 18,75 | 18,71 | 18,86 | 18,95 | 19,61 | 19,63 | 22,58 | 21,39 |
| 19. " . .    | 17,18 | 18,48 | 20,49 | 21,76 | 22,12 | 21,02 | 21,36 | 21,27 | 22,15 |
| 27. " . .    | 18,28 | 20,11 | 20,57 | 20,27 | 20,35 | 20,52 | 21,32 | 21,69 | 23,49 |
| 3. Septbr. . | 14,54 | 19,54 | 20,00 | 18,56 | 18,92 | 19,26 | 20,57 | 21,07 | 21,17 |
| 17. " . .    | 17,81 | 20,77 | 20,84 | 19,08 | 19,63 | 21,68 | 19,90 | 21,42 | 23,02 |
| 24. " . .    | 20,21 | 20,78 | 22,17 | 20,31 | 21,46 | 21,84 | 20,45 | 22,72 | 23,41 |
| Mittel:      | 17,99 | 19,40 | 20,16 | 19,22 | 19,71 | 20,51 | 20,75 | 21,10 | 21,54 |

Aus diesen Zahlen erhellt,

- 1) daß ein mit einer Streudecke versehener Boden während der wärmeren Jahreszeit beträchtlich feuchter ist als unbedeckter Boden von sonst gleicher Beschaffenheit;

- 2) daß der Wassergehalt des streubedeckten Bodens mit der Mächtigkeit der obenaufliegenden Schicht zunimmt bis zu einer gewissen Grenze (ca. 5 cm), über welche hinaus bei weiterer Erhöhung der Streuschicht der Wassergehalt des Bodens konstant bleibt;
- 3) daß die verschiedenen Streudecken unter übrigens gleichen Umständen einen ganz gleichen Einfluß auf die Bodenfeuchtigkeit ausüben.

Die Wirkung der Streudecke auf die Bodenfeuchtigkeit beruht zunächst darauf, daß durch dieselbe der direkte Einfluß der Verdunstungsfaktoren auf den Boden gehemmt wird. Sowohl die Winde als auch die Insolation können unter solchen Umständen ihren austrocknenden Einfluß auf den Boden nicht mehr direkt geltend machen, und um so weniger je stärker die betreffende Deckschicht ist. Außerdem trägt die Streu dadurch, daß sie eine Herabminderung der Bodentemperatur herbeiführt, zur Erhaltung der Bodenfeuchtigkeit bei. Dazu kommt, daß sich in den den Boden bedeckenden Materialien organischen Ursprungs eine mit Wasserdampf gesättigte, und mehr oder weniger stagnierend erhaltende Luftschicht bildet, durch welche die Verdunstung aus dem Boden gleichfalls eine Einbuße erleidet. In welchem außerordentlichen Grade dies stattfindet, ist aus den Resultaten von Versuchen ersichtlich, welche Referent in folgender Weise ausführte.

Zinkkästen von quadrischem Querschnitt (31,7cm) und verschiedener, der Streulage entsprechenden Höhe wurden mit stark durchfeuchtetem, humosem Kalksandboden, bei 20 cm Mächtigkeit, beschickt. Die Oberfläche des Erdreichs wurde hierauf mit den betreffenden Streumaterialien in lufttrockenem Zustande bis zum Rande der Gefäße belegt. Um die Verwehung der Streu zu hindern, wurde dieselbe mit einem sehr grobmaschigen Sieb bedeckt. Alsdann wurden die Gefäße in Holzkästen, welche in die Erde bis zum Rande eingegraben waren, gestellt, so daß die Oberfläche der Streu mit dem umgebenden Boden in demselben Niveau zu liegen kam. Bei eintretendem Regen wurde ein aus Brettern hergestelltes wasserdichtes Dach über den Apparaten angebracht. Aus den am Anfang und Ende der Versuche vorgenommenen Wägungen berechneten sich folgende Verdunstungsmengen:



Verdunstungsmengen pro 1000 qcm Fläche in ccm.  
Versuch I (1888).

| Datum.              | Moos. |       |        |      |        | Fichten-<br>nadeln. |        | Kiefern-<br>nadeln. |        | Eichen-<br>laub. |        | Buchen-<br>laub. |        | Nackt. |
|---------------------|-------|-------|--------|------|--------|---------------------|--------|---------------------|--------|------------------|--------|------------------|--------|--------|
|                     | 15 cm | 10 cm | 7,5 cm | 5 cm | 2,5 cm | 1 cm                | 2,5 cm | 1 cm                | 2,5 cm | 1 cm             | 2,5 cm | 1 cm             | 2,5 cm |        |
| A. Vom 11.—19. Juli | 10    | 20    | 70     | 80   | 210    | 240                 | 110    | 350                 | 140    | 260              | 70     | 260              | 100    | 990    |
| B. „ 20.—30. Aug.   | 30    | 60    | 90     | 120  | 260    | 540                 | 250    | 580                 | 340    | 280              | 200    | 290              | 170    | 1040   |
| Summa:              | 40    | 80    | 160    | 200  | 470    | 780                 | 360    | 930                 | 480    | 540              | 270    | 550              | 270    | 2030   |

Versuch II (1889).

|                     |     |     |   |     |     |      |     |      |     |     |     |     |     |      |
|---------------------|-----|-----|---|-----|-----|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| A. Vom 12.—20. Juli | 60  | 120 | — | 180 | 320 | 430  | 280 | 460  | 310 | 260 | 200 | 240 | 160 | 790  |
| B. „ 1.—13. Aug.    | 100 | 130 | — | 230 | 410 | 650  | 350 | 700  | 370 | 410 | 240 | 350 | 210 | 1230 |
| Summa:              | 160 | 250 | — | 410 | 730 | 1080 | 630 | 1160 | 680 | 670 | 440 | 590 | 370 | 2020 |

Hiernach hatte der streubedeckte Boden beträchtlich geringere Mengen von Wasser verdunstet als der nackte, und zwar war die durch die Streu hervorgerufene Verminderung der Verdunstung um so größer, je mächtiger die Streudecke war.

Aus derartigen Beobachtungen könnte die Schlußfolgerung abgeleitet werden, daß der Wassergehalt des bedeckten Bodens mit der Mächtigkeit der Streuschicht zunehmen müßte und zwar in einem ziemlich beträchtlichen Grade. Dies ist jedoch nur in bedingter Weise der Fall, denn die in obigen Versuchen (I—IV) mitgetheilten Zahlen lassen auf das Deutlichste erkennen, daß eine Decke von 2,5—5 cm genügt, um den darunter liegenden Boden auf einem seiner Wasserkapazität entsprechenden Wassergehalt zu erhalten und daß die Bodenfeuchtigkeit bei weiterer Erhöhung der Streulage nicht vermehrt wird, sondern sich gleich bleibt.

Die durch diesen Satz charakterisirte Thatsache erklärt sich aus dem Umstand, daß eine Decke von 2,5—5 cm ausreichend ist, die Verdunstung in einem solchen Maße zu beschränken, daß der Boden in einem gesättigten Zustande mit geringen Schwankungen verharrt. Wird die Deckschicht über die angegebene Grenze hinaus erhöht, so wird dadurch keine Vermehrung des Wassergehaltes des Bodens, trotz weiterer Verminderung der Verdunstung, bewirkt, weil der Boden gesättigt bleibt und die überschüssigen Wassermengen in demselben absickern werden.

In Bezug auf letzteren Punkt ist selbstredend zunächst das Verhalten der Streudecke zum Wasser in Betracht zu ziehen, wie solches in dem Abschnitt I. B. darzustellen versucht wurde. Aus den diesbezüglichen Versuchen ging hervor, daß die Sickerwassermengen in der Streuschicht um so größer, die verdunsteten Wassermengen um so geringer sind, je mächtiger die Streulage ist. Es wird hieraus geschlossen werden müssen, daß die Wassermengen, welche aus einem mit einer verschieden hohen Streuschicht bedeckten Boden absickern, in dem Maße zunehmen müssen, als die Streulage stärker ist, vorausgesetzt, daß die Mächtigkeit letzterer mehr als 2,5—5 cm beträgt, weil dann der Boden, sich gesättigt erhaltend, mit der Höhe der Streuschicht wachsende Wassermengen von oben her empfängt. In wie weit diese Schlußfolgerungen gerechtfertigt sind, sollte durch die nachfolgenden Versuche festgestellt werden, welche gleichzeitig zur Beantwortung einiger weiteren einschlägigen Fragen bestimmt waren.

#### b. Die Sickerwassermengen in dem streubedeckten Boden.

Die Versuche dieser Reihe wurden mit Hilfe von Lysimetern ausgeführt, welche in den Versuchen I und II bis zum Rande in die Erde gegraben waren und einen (kreisrunden) Querschnitt von 1000 qcm besaßen, in dem Versuche III in der in Bd. X. S. 271 beschriebenen Weise angeordnet waren. In den beiden ersten Versuchen wurden die 50 cm hohen Lysimeter nur bis auf 40 cm Höhe gefüllt, um bei gleicher Mächtigkeit der Erdschicht theils eine 10 cm hohe Buchenlaubsschicht aufbringen, theils auch eine Moosdecke (*Dicranum*) in dem über dem Boden befindlichen und gegen Winde geschützten Raum im lebenden Zustand erhalten zu können. Das betreffende, in einem Walde von Planegg (Oberbayern) entnommene Moospolster wurde im frischen Zustande an den feuchten Boden angedrückt und erhielt sich bei der getroffenen Versuchsanordnung während des ganzen Sommers im vegetativen Zustande<sup>1)</sup>. Ein zweites Polster von derselben Gattung und Beschaffenheit wurde bei höherer Temperatur (50° C.) scharf getrocknet und dadurch zum Absterben gebracht. Die übrigen Verhältnisse ergeben sich aus den nachfolgenden Tabellen, welche die Sickerwassermengen während fünf- und sechstägiger Perioden, sowie die Regenmengen enthalten:

<sup>1)</sup> Bei trockener Witterung gingen die Pflänzchen durch Austrocknung allerdings in einen Ruhezustand über, aus welchem sie jedoch bei Zutritt von Regen oder Thau wieder zu neuem Leben erwachten.

Versuch I (1882).

| Datum.        | Regen-<br>menge.<br>ccm | Sickerwassermengen pro 1000 qcm Fläche und 40 cm Tiefe (ccm). |               |                                   |                             |                             |                          |              |              |              | Nackt.      |
|---------------|-------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
|               |                         | Moos<br>(Dicranum)                                            |               | Moos<br>(Hypnum)<br>todt.<br>5 cm | Fichten-<br>nadeln.<br>5 cm | Kiefern-<br>nadeln.<br>5 cm | Eichen-<br>laub.<br>5 cm | Buchenlaub.  |              |              |             |
|               |                         | lebend.<br>5 cm                                               | todt.<br>5 cm |                                   |                             |                             |                          | 10 cm        | 5 cm         | 2 cm         |             |
| 10.—15. April | 820                     | —                                                             | 292           | 102                               | 470                         | 254                         | 422                      | 562          | 418          | 284          | —           |
| 16.—25. "     | 870                     | —                                                             | —             | —                                 | —                           | —                           | —                        | —            | —            | —            | —           |
| 26.—30. "     | 2275                    | 964                                                           | 2516          | 1652                              | 2157                        | 1991                        | 2272                     | 1719         | 2016         | 2388         | 1190        |
| <b>Summa:</b> | <b>3965</b>             | <b>964</b>                                                    | <b>2808</b>   | <b>1754</b>                       | <b>2627</b>                 | <b>2245</b>                 | <b>2694</b>              | <b>2281</b>  | <b>2434</b>  | <b>2672</b>  | <b>1190</b> |
| 1.— 5. Mai    | 2605                    | 378                                                           | 1282          | 894                               | 1082                        | 940                         | 1141                     | 817          | 1109         | 1273         | 560         |
| 6.—10. "      | 858                     | 478                                                           | 1521          | 1191                              | 1854                        | 1430                        | 1378                     | 1476         | 1500         | 1388         | 995         |
| 11.—15. "     | 115                     | —                                                             | —             | —                                 | —                           | —                           | —                        | —            | —            | —            | —           |
| 16.—20. "     | 105                     | —                                                             | —             | —                                 | —                           | —                           | —                        | —            | —            | —            | —           |
| 21.—25. "     | 597                     | —                                                             | —             | —                                 | —                           | —                           | —                        | —            | —            | —            | —           |
| 26.—31. "     | 2025                    | 46                                                            | 292           | 233                               | 1175                        | 910                         | 980                      | 910          | 940          | 770          | 30          |
| <b>Summa:</b> | <b>5805</b>             | <b>902</b>                                                    | <b>3095</b>   | <b>2318</b>                       | <b>3611</b>                 | <b>3230</b>                 | <b>3499</b>              | <b>3203</b>  | <b>3549</b>  | <b>3431</b>  | <b>1585</b> |
| 1.— 5. Juni   | 4850                    | 1919                                                          | 4492          | 4572                              | 4571                        | 4494                        | 4681                     | 4857         | 4725         | 4872         | 2174        |
| 6.—10. "      | 2380                    | 844                                                           | 2183          | 2012                              | 2098                        | 2104                        | 2225                     | 2420         | 2228         | 2189         | 2811        |
| 11.—15. "     | 935                     | 202                                                           | 748           | 681                               | 835                         | 842                         | 988                      | 1029         | 926          | 946          | 324         |
| 16.—20. "     | 1297                    | 119                                                           | 625           | 575                               | 703                         | 700                         | 815                      | 820          | 809          | 878          | 103         |
| 21.—25. "     | 825                     | 350                                                           | 912           | 880                               | 922                         | 944                         | 991                      | 1189         | 1134         | 806          | 67          |
| 26.—30. "     | 1225                    | 243                                                           | 663           | 670                               | 876                         | 858                         | 961                      | 1085         | 921          | 917          | 37          |
| <b>Summa:</b> | <b>11512</b>            | <b>3677</b>                                                   | <b>9623</b>   | <b>9390</b>                       | <b>10005</b>                | <b>9942</b>                 | <b>10661</b>             | <b>11400</b> | <b>10743</b> | <b>10608</b> | <b>5516</b> |
| 1.— 5. Juli   | 9985                    | 1176                                                          | 2734          | 2910                              | 2673                        | 2842                        | 3102                     | 2847         | 3018         | 3114         | 528         |
| 6.—10. "      | 2970                    | 826                                                           | 2002          | 2071                              | 2158                        | 2118                        | 2332                     | 2282         | 1912         | 1872         | 662         |
| 11.—15. "     | 965                     | 419                                                           | 961           | 962                               | 1065                        | 1079                        | 1227                     | 1373         | 1220         | 868          | 218         |
| 16.—20. "     | 2270                    | 1242                                                          | 2280          | 2250                              | 2278                        | 2241                        | 2422                     | 2667         | 3344         | 2385         | 1111        |
| 21.—25. "     | 1432                    | 138                                                           | 451           | 203                               | 718                         | 593                         | 602                      | 534          | 590          | 548          | 228         |
| 26.—31. "     | 5428                    | 3229                                                          | 5357          | 5635                              | 5177                        | 5241                        | 5549                     | 5496         | 4761         | 5045         | 1812        |
| <b>Summa:</b> | <b>17050</b>            | <b>7080</b>                                                   | <b>13785</b>  | <b>14031</b>                      | <b>14069</b>                | <b>14114</b>                | <b>15234</b>             | <b>15199</b> | <b>14845</b> | <b>13832</b> | <b>4559</b> |
| 1.— 5. Aug.   | 3005                    | 1712                                                          | 2760          | 2744                              | 2662                        | 2664                        | 2804                     | 2857         | 2832         | 2512         | 1278        |
| 6.—10. "      | 485                     | 282                                                           | 417           | 484                               | 595                         | 617                         | 624                      | 682          | 525          | 466          | 276         |
| 11.—15. "     | 390                     | 64                                                            | 147           | 106                               | 260                         | 162                         | 177                      | 296          | 192          | 102          | 42          |
| 16.—20. "     | 2072                    | 160                                                           | 824           | 851                               | 1075                        | 1000                        | 1132                     | 1213         | 1083         | 1213         | 575         |
| 21.—25. "     | 3695                    | 1706                                                          | 3075          | 3232                              | 3174                        | 3156                        | 3170                     | 3325         | 3195         | 3165         | 2704        |
| 26.—31. "     | 1510                    | 674                                                           | 1051          | 1029                              | 1092                        | 877                         | 1100                     | 1233         | 1130         | 1200         | 851         |
| <b>Summa:</b> | <b>11157</b>            | <b>4598</b>                                                   | <b>8274</b>   | <b>8446</b>                       | <b>8858</b>                 | <b>8476</b>                 | <b>9007</b>              | <b>9606</b>  | <b>8957</b>  | <b>8658</b>  | <b>5726</b> |

| Datum.        | Begen-<br>menge.<br>ccm | Sickerwassermengen pro 1000 qcm Fläche und 40 cm Tiefe (ccm). |               |                                 |                     |                    |                  |             |              |             | Nac kt.     |
|---------------|-------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------|---------------------|--------------------|------------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
|               |                         | Moos<br>(Dicranum)                                            |               | Moosedecke<br>(Hypnum)<br>totd. | Fichten-<br>nadeln. | Kiefer-<br>nadeln. | Eichen-<br>laub. | Buchenlaub. |              |             |             |
|               |                         | lebend.                                                       | totd.<br>5 cm |                                 |                     |                    |                  | 10 cm       | 5 cm         | 2 cm        |             |
| 1.— 5. Sept.  | 3077                    | 1462                                                          | 2717          | 2726                            | 2727                | 2431               | 2609             | 2602        | 2783         | 2473        | 2289        |
| 6.— 10. "     | 1470                    | 1249                                                          | 1942          | 1918                            | 1899                | 1962               | 1940             | 2018        | 1998         | 1840        | 1714        |
| 11.— 15. "    | 298                     | 63                                                            | 104           | 105                             | 206                 | 183                | 167              | 251         | 168          | 69          | 33          |
| 16.— 20. "    | 1577                    | 547                                                           | 1108          | 1153                            | 1112                | 1110               | 1358             | 1078        | 1313         | 1212        | 822         |
| 21.— 25. "    | 1825                    | 814                                                           | 1975          | 1978                            | 1944                | 1944               | 1731             | 1900        | 1979         | 1988        | 1720        |
| 26.— 30. "    | 2735                    | 966                                                           | 2074          | 2072                            | 2008                | 2021               | 1995             | 1937        | 2095         | 2072        | 1983        |
| <b>Summa:</b> | <b>10962</b>            | <b>5101</b>                                                   | <b>9920</b>   | <b>9952</b>                     | <b>9896</b>         | <b>9651</b>        | <b>9800</b>      | <b>9786</b> | <b>10336</b> | <b>9654</b> | <b>8561</b> |

## Versuch II (1883).

|               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 6.— 10. April | 942          | 65           | 247          | 117          | 335          | 291          | 372          | 281          | 333          | 283          | —            |
| 11.— 15. "    | 600          | 518          | 705          | 427          | 690          | 706          | 708          | 634          | 755          | 760          | 266          |
| 16.— 20. "    | 258          | —            | 100          | 16           | 195          | 116          | 207          | 212          | 184          | 155          | 4            |
| 21.— 25. "    | 300          | —            | —            | —            | 118          | —            | 35           | 9            | 41           | 16           | 38           |
| 26.— 30. "    | 3066         | 1466         | 2415         | 2052         | 2676         | 2453         | 2570         | 2156         | 2638         | 2634         | 1451         |
| <b>Summa:</b> | <b>5166</b>  | <b>2049</b>  | <b>3467</b>  | <b>2612</b>  | <b>4014</b>  | <b>3566</b>  | <b>3892</b>  | <b>3292</b>  | <b>3951</b>  | <b>3848</b>  | <b>1759</b>  |
| 1.— 5. Mai    | 1125         | 638          | 1204         | 733          | 1201         | 1295         | 1308         | 1430         | 1317         | 1224         | 872          |
| 6.— 10. "     | 195          | 4            | 22           | 12           | 185          | 62           | 182          | 382          | 125          | 59           | 8            |
| 11.— 15. "    | 580          | —            | 22           | —            | 108          | 28           | 51           | 28           | 67           | 41           | 16           |
| 16.— 20. "    | 1405         | —            | 494          | 238          | 973          | 682          | 983          | 788          | 956          | 812          | 84           |
| 21.— 25. "    | 162          | —            | 56           | —            | 154          | 105          | 240          | 352          | 185          | 106          | 9            |
| 26.— 31. "    | 5470         | 2306         | 3151         | 3085         | 3469         | 3331         | 3462         | 2705         | 3521         | 3630         | 2376         |
| <b>Summa:</b> | <b>8937</b>  | <b>2948</b>  | <b>4949</b>  | <b>4068</b>  | <b>6040</b>  | <b>5503</b>  | <b>6226</b>  | <b>5685</b>  | <b>6171</b>  | <b>5872</b>  | <b>3365</b>  |
| 1.— 5. Juni   | 742          | 747          | 1540         | 990          | 1730         | 1682         | 1858         | 2246         | 1803         | 1487         | 1011         |
| 6.— 10. "     | 3045         | 717          | 1379         | 1411         | 1923         | 1716         | 1891         | 1557         | 1815         | 1822         | 504          |
| 11.— 15. "    | 5185         | 3961         | 4899         | 4862         | 4737         | 4879         | 4957         | 5001         | 4984         | 5034         | 4118         |
| 16.— 20. "    | 5243         | 3974         | 4475         | 4567         | 4437         | 4498         | 4335         | 4266         | 4535         | 4689         | 3936         |
| 21.— 25. "    | 2407         | 1287         | 2371         | 2419         | 2650         | 2545         | 2698         | 2806         | 2560         | 2548         | 1791         |
| 26.— 30. "    | 905          | 12           | 316          | 564          | 1003         | 666          | 984          | 951          | 787          | 663          | 105          |
| <b>Summa:</b> | <b>17522</b> | <b>10698</b> | <b>14980</b> | <b>14813</b> | <b>16530</b> | <b>15986</b> | <b>16673</b> | <b>16827</b> | <b>16489</b> | <b>16243</b> | <b>11460</b> |
| 1.— 5. Juli   | —            | —            | 6            | 8            | 196          | 35           | 143          | 316          | 91           | 32           | 16           |
| 6.— 10. "     | 1042         | —            | 19           | 26           | 243          | 55           | 217          | 175          | 91           | 8            | 19           |
| 11.— 15. "    | 5783         | 1091         | 3035         | 3673         | 4494         | 3967         | 4655         | 4163         | 4494         | 4021         | 2782         |
| 16.— 20. "    | 1422         | 399          | 974          | 561          | 1278         | 1214         | 1356         | 1337         | 1131         | 1074         | 556          |
| 21.— 25. "    | 4733         | 2226         | 3247         | 2561         | 3087         | 3194         | 3237         | 3682         | 3254         | 3367         | 2791         |
| 26.— 31. "    | 1827         | 831          | 1600         | 1022         | 1801         | 1737         | 1874         | 1883         | 1736         | 1541         | 1075         |
| <b>Summa:</b> | <b>14807</b> | <b>4547</b>  | <b>8881</b>  | <b>7851</b>  | <b>11039</b> | <b>10202</b> | <b>11482</b> | <b>11561</b> | <b>10847</b> | <b>10043</b> | <b>7239</b>  |

| Datum.        | Regen-<br>menge.<br>ccm | Sickerwassermengen pro 1000 qcm Fläche und 40 cm Tiefe (ccm). |             |                                |                             |                             |                          |             |             |             | Nackt.      |
|---------------|-------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|               |                         | Moosdecke<br>(Dicranum)                                       |             | Moosdecke<br>(Hypnum)<br>todt. | Fichten-<br>nadeln.<br>5 cm | Kiefern-<br>nadeln.<br>5 cm | Eichen-<br>laub.<br>5 cm | Buchenlaub. |             |             |             |
|               |                         | lebend.                                                       | totd.       |                                |                             |                             |                          | 10 cm       | 5 cm        | 2 cm        |             |
| 1.— 5. Aug.   | 1058                    | 718                                                           | 942         | 498                            | 1102                        | 957                         | 1184                     | 1139        | 1073        | 934         | 506         |
| 6.—10. "      | 1590                    | 644                                                           | 795         | 438                            | 1146                        | 818                         | 1073                     | 964         | 966         | 771         | 196         |
| 11.—15. "     | 787                     | 198                                                           | 281         | 113                            | 539                         | 344                         | 557                      | 657         | 465         | 223         | 105         |
| 16.—20. "     | 2880                    | 2426                                                          | 2804        | 2654                           | 3021                        | 2831                        | 3053                     | 3016        | 3001        | 2713        | 2096        |
| 21.—25. "     | —                       | 4                                                             | 32          | 7                              | 159                         | 39                          | 157                      | 190         | 105         | 34          | 4           |
| 26.—31. "     | —                       | —                                                             | —           | —                              | —                           | —                           | —                        | —           | —           | —           | —           |
| <b>Summa:</b> | <b>6315</b>             | <b>3990</b>                                                   | <b>4854</b> | <b>3710</b>                    | <b>5967</b>                 | <b>4989</b>                 | <b>6024</b>              | <b>5966</b> | <b>5610</b> | <b>4675</b> | <b>2907</b> |
| 1.— 5. Sept.  | 1872                    | —                                                             | 24          | 29                             | 641                         | 47                          | 514                      | 320         | 324         | 118         | 110         |
| 6.—10. "      | 1605                    | 522                                                           | 717         | 627                            | 919                         | 895                         | 1082                     | 957         | 1048        | 691         | 75          |
| 11.—15. "     | —                       | 66                                                            | 35          | 51                             | 324                         | 249                         | 378                      | 452         | 320         | 184         | 50          |
| 16.—20. "     | 4735                    | 3342                                                          | 4373        | 3693                           | 4055                        | 4043                        | 3982                     | 3884        | 4093        | 3982        | 3411        |
| 21.—25. "     | 1708                    | 478                                                           | 892         | 688                            | 913                         | 969                         | 965                      | 877         | 990         | 960         | 569         |
| 26.—30. "     | 3007                    | 1545                                                          | 2517        | 2299                           | 2424                        | 2561                        | 2486                     | 2197        | 2487        | 2525        | 2580        |
| <b>Summa:</b> | <b>12427</b>            | <b>5953</b>                                                   | <b>8558</b> | <b>7387</b>                    | <b>9276</b>                 | <b>8764</b>                 | <b>9407</b>              | <b>8687</b> | <b>9262</b> | <b>8460</b> | <b>6795</b> |

Versuch III (1888).

| Datum.        | Regen-<br>menge.<br>ccm | Sickerwassermengen pro 400 qcm Fläche und 20 cm Tiefe (ccm). |             |             |             |                     |             |                     |             |                  |             |                  |             | Nackt.      |   |
|---------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|-------------|---|
|               |                         | Moos<br>(Hypnum).                                            |             |             |             | Fichten-<br>nadeln. |             | Kiefern-<br>nadeln. |             | Eichen-<br>laub. |             | Buchen-<br>laub. |             |             |   |
|               |                         | 2,5 cm                                                       | 5 cm        | 7,5 cm      | 10 cm       | 1 cm                | 2,5 cm      | 1 cm                | 2,5 cm      | 1 cm             | 2,5 cm      | 1 cm             | 2,5 cm      |             |   |
| 1.— 5. April  | 228                     | —                                                            | —           | —           | —           | —                   | —           | —                   | —           | —                | —           | —                | —           | —           | — |
| 6.—10. "      | 1132                    | 296                                                          | 323         | 272         | 389         | 526                 | 514         | 702                 | 587         | 547              | 518         | 476              | 506         | 704         |   |
| 11.—15. "     | 1500                    | 805                                                          | 997         | 1123        | 1232        | 778                 | 861         | 818                 | 1019        | 1026             | 1109        | 910              | 1016        | 889         |   |
| 16.—20. "     | 485                     | 219                                                          | 198         | 202         | 190         | 286                 | 292         | 186                 | 223         | 277              | 273         | 261              | 258         | —           |   |
| 21.—25. "     | 633                     | 687                                                          | 651         | 697         | 648         | 680                 | 675         | 680                 | 638         | 692              | 651         | 710              | 677         | 516         |   |
| 26.—30. "     | 2742                    | 2705                                                         | 2676        | 2669        | 2712        | 2575                | 2664        | 2518                | 2566        | 2517             | 2595        | 2695             | 2614        | 2023        |   |
| <b>Summa:</b> | <b>6720</b>             | <b>4712</b>                                                  | <b>4845</b> | <b>4963</b> | <b>5171</b> | <b>4845</b>         | <b>5006</b> | <b>4904</b>         | <b>5033</b> | <b>5059</b>      | <b>5146</b> | <b>4952</b>      | <b>5071</b> | <b>4132</b> |   |
| 1.— 5. Mai    | 29                      | —                                                            | 52          | 16          | 20          | —                   | —           | 16                  | 22          | —                | —           | —                | —           | —           |   |
| 6.—10. "      | 285                     | —                                                            | —           | —           | —           | 32                  | 74          | —                   | —           | 36               | 66          | —                | 19          | —           |   |
| 11.—15. "     | 325                     | 60                                                           | 120         | 127         | 123         | 250                 | 260         | 89                  | 75          | 263              | 301         | 208              | 259         | —           |   |
| 16.—20. "     | —                       | 7                                                            | 87          | 43          | 42          | 33                  | 21          | 17                  | 19          | 25               | 31          | 19               | 26          | —           |   |
| 21.—25. "     | —                       | —                                                            | —           | —           | —           | —                   | —           | —                   | —           | —                | —           | —                | —           | —           |   |
| 26.—31. "     | 497                     | —                                                            | —           | 121         | 164         | 72                  | 198         | —                   | —           | 145              | 235         | 67               | 119         | —           |   |
| <b>Summa:</b> | <b>1136</b>             | <b>67</b>                                                    | <b>259</b>  | <b>307</b>  | <b>329</b>  | <b>387</b>          | <b>553</b>  | <b>72</b>           | <b>116</b>  | <b>469</b>       | <b>633</b>  | <b>294</b>       | <b>423</b>  | <b>—</b>    |   |

| Datum.        | Regen-<br>menge.<br>ccm | Sickerwassermengen pro 400 qcm Fläche und 20 cm Tiefe (ccm). |             |             |             |                     |             |                     |             |                  |             | Nacht.      |                  |             |
|---------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|------------------|-------------|-------------|------------------|-------------|
|               |                         | Moos.<br>(Hypnum.)                                           |             |             |             | Fichten-<br>nadeln. |             | Kiefern-<br>nadeln. |             | Eichen-<br>laub. |             |             | Buchen-<br>laub. |             |
|               |                         | 2,5 cm                                                       | 5 cm        | 7,5 cm      | 10 cm       | 1 cm                | 2,5 cm      | 1 cm                | 2,5 cm      | 1 cm             | 2,5 cm      |             | 1 cm             | 2,5 cm      |
| 1. — 5. Juni  | 439                     | 49                                                           | 83          | 167         | 202         | 146                 | 260         | 17                  | 107         | 304              | 364         | 218         | 252              | —           |
| 6.—10. "      | 1483                    | 792                                                          | 643         | 706         | 670         | 968                 | 1036        | 676                 | 715         | 887              | 902         | 861         | 892              | —           |
| 11.—15. "     | 1058                    | 801                                                          | 809         | 722         | 715         | 955                 | 930         | 829                 | 780         | 861              | 876         | 881         | 884              | 362         |
| 16.—20. "     | 1217                    | 927                                                          | 1008        | 1034        | 1068        | 1099                | 1117        | 1091                | 1101        | 1122             | 1108        | 1103        | 1117             | 960         |
| 21.—25. "     | —                       | 39                                                           | 119         | 113         | 115         | 83                  | 73          | 47                  | 68          | 97               | 105         | 43          | 71               | —           |
| 26.—30. "     | 463                     | —                                                            | —           | 49          | 70          | 88                  | 123         | 7                   | 17          | 100              | 127         | 28          | 59               | —           |
| <b>Summa:</b> | <b>4660</b>             | <b>2608</b>                                                  | <b>2662</b> | <b>2791</b> | <b>2840</b> | <b>3339</b>         | <b>3539</b> | <b>2667</b>         | <b>2788</b> | <b>3371</b>      | <b>3482</b> | <b>3134</b> | <b>3275</b>      | <b>1322</b> |
| 1. — 5. Juli  | 1376                    | 868                                                          | 891         | 842         | 773         | 1144                | 1137        | 1031                | 960         | 1064             | 1003        | 1105        | 1052             | 374         |
| 6.—10. "      | 943                     | 657                                                          | 496         | 535         | 486         | 673                 | 726         | 537                 | 609         | 528              | 609         | 635         | 640              | 247         |
| 11.—15. "     | 597                     | 205                                                          | 227         | 310         | 291         | 888                 | 414         | 279                 | 320         | 343              | 354         | 343         | 350              | 103         |
| 16.—20. "     | 1163                    | 612                                                          | 641         | 573         | 520         | 874                 | 870         | 659                 | 659         | 735              | 755         | 713         | 720              | 351         |
| 21.—25. "     | 1567                    | 1173                                                         | 1227        | 1286        | 1176        | 1371                | 1420        | 1270                | 1373        | 1303             | 1393        | 1255        | 1336             | 757         |
| 26.—31. "     | 620                     | 219                                                          | 243         | 276         | 339         | 349                 | 407         | 251                 | 266         | 809              | 827         | 203         | 295              | 26          |
| <b>Summa:</b> | <b>6266</b>             | <b>3634</b>                                                  | <b>3725</b> | <b>3822</b> | <b>3585</b> | <b>4799</b>         | <b>4964</b> | <b>4025</b>         | <b>4187</b> | <b>4282</b>      | <b>4441</b> | <b>4254</b> | <b>4393</b>      | <b>1858</b> |
| 1. — 5. Aug.  | 3056                    | 2581                                                         | 2667        | 2695        | 2536        | 2777                | 2797        | 2681                | 2706        | 2694             | 2763        | 2688        | 2712             | 2374        |
| 6.—10. "      | 345                     | 169                                                          | 181         | 223         | 228         | 316                 | 383         | 222                 | 222         | 228              | 239         | 224         | 250              | 91          |
| 11.—15. "     | —                       | 14                                                           | 62          | 59          | 87          | 86                  | 90          | 15                  | 38          | 33               | 64          | 87          | 53               | 8           |
| 16.—20. "     | 1932                    | 1400                                                         | 1435        | 1437        | 1400        | 1627                | 1622        | 1420                | 1487        | 1479             | 1537        | 1444        | 1549             | 587         |
| 21.—25. "     | 232                     | 49                                                           | 63          | 89          | 118         | 130                 | 149         | 79                  | 96          | 95               | 116         | 86          | 101              | —           |
| 26.—31. "     | 729                     | 360                                                          | 412         | 387         | 343         | 493                 | 528         | 400                 | 450         | 409              | 437         | 385         | 420              | 114         |
| <b>Summa:</b> | <b>6294</b>             | <b>4573</b>                                                  | <b>4820</b> | <b>4890</b> | <b>4712</b> | <b>5429</b>         | <b>5569</b> | <b>4817</b>         | <b>4938</b> | <b>5933</b>      | <b>5156</b> | <b>4864</b> | <b>5065</b>      | <b>3174</b> |
| 1. — 5. Sept. | 3666                    | 3527                                                         | 3622        | 3632        | 3600        | 3509                | 3799        | 3542                | 3593        | 3604             | 3650        | 3562        | 3653             | 3233        |
| 6.—10. "      | 1092                    | 893                                                          | 817         | 761         | 830         | 922                 | 886         | 837                 | 845         | 826              | 866         | 859         | 844              | 615         |
| 11.—15. "     | 116                     | 113                                                          | 118         | 134         | 136         | 114                 | 106         | 86                  | 98          | 103              | 108         | 89          | 90               | 39          |
| 16.—20. "     | 1742                    | 1487                                                         | 1523        | 1526        | 1550        | 1629                | 1611        | 1534                | 1561        | 1530             | 1556        | 1527        | 1553             | 835         |
| 21.—25. "     | 16                      | —                                                            | 10          | 66          | 95          | 24                  | 56          | —                   | —           | 16               | 39          | —           | 12               | —           |
| 26.—30. "     | 664                     | 265                                                          | 298         | 293         | 183         | 380                 | 465         | 276                 | 307         | 285              | 333         | 266         | 298              | —           |
| <b>Summa:</b> | <b>7296</b>             | <b>6285</b>                                                  | <b>6388</b> | <b>6412</b> | <b>6394</b> | <b>6578</b>         | <b>6923</b> | <b>6275</b>         | <b>6404</b> | <b>6364</b>      | <b>6552</b> | <b>6303</b> | <b>6450</b>      | <b>4722</b> |
| 1. — 5. Okt.  | 1732                    | 1534                                                         | 1574        | 1590        | 1568        | 1677                | 1615        | 1580                | 1565        | 1614             | 1571        | 1603        | 1593             | 1471        |
| 6.—10. "      | 1348                    | 1328                                                         | 1357        | 1328        | 1332        | 1301                | 1467        | 1377                | 1414        | 1557             | 1616        | 1375        | 1438             | 1492        |
| 11.—15. "     | 422                     | 335                                                          | 399         | 404         | 504         | 426                 | 437         | 408                 | 475         | 401              | 474         | 382         | 385              | 303         |
| 16.—20. "     | —                       | 86                                                           | 97          | 126         | 88          | 67                  | 88          | 69                  | 74          | 77               | 70          | 48          | 71               | —           |
| 21.—25. "     | —                       | —                                                            | 51          | 93          | 75          | 84                  | 88          | 12                  | 18          | 32               | 60          | —           | 36               | —           |
| 26.—31. "     | 27                      | —                                                            | —           | 37          | —           | 8                   | 23          | —                   | —           | —                | —           | —           | —                | —           |
| <b>Summa:</b> | <b>3529</b>             | <b>3233</b>                                                  | <b>3478</b> | <b>3578</b> | <b>3567</b> | <b>3563</b>         | <b>3718</b> | <b>3446</b>         | <b>3546</b> | <b>3681</b>      | <b>3791</b> | <b>3408</b> | <b>3523</b>      | <b>3266</b> |

*Zusammenstellung der Resultate.*

| Bodendecke.                        | Sickerwassermengen<br>pro 1000 □cm Fläche u. 0,4 m<br>Tiefe. |             |               |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------|---------------|
|                                    | 1882<br>ccm                                                  | 1883<br>ccm | Summa.<br>ccm |
| Regenmenge . . . . .               | 60471                                                        | 65174       | 125645        |
| Moos (Dicranum) lebend . . . . .   | 22272                                                        | 30185       | 52457         |
| „ „ todt . . . . . ( 5 cm )        | 47505                                                        | 45689       | 93194         |
| Moos (Hypnum) todt . . . . . ( „ ) | 45891                                                        | 41041       | 86932         |
| Fichtennadeln . . . . . ( „ )      | 49066                                                        | 52866       | 101932        |
| Kiefernnadeln . . . . . ( „ )      | 47708                                                        | 49010       | 96717         |
| Eichenlaub . . . . . ( „ )         | 50895                                                        | 53704       | 104599        |
| Buchenlaub . . . . . (10 cm)       | 51475                                                        | 52018       | 103493        |
| „ . . . . . ( 5 „ )                | 50864                                                        | 52330       | 103194        |
| „ . . . . . ( 2 „ )                | 48855                                                        | 49141       | 97996         |
| Nackt . . . . .                    | 27137                                                        | 38525       | 60662         |

Sickerwassermenge pro 400 qcm Fläche und 20 cm Tiefe.

1888.

| Bodendecke.          | ccm       | Bodendecke.          | ccm   |
|----------------------|-----------|----------------------|-------|
| Moos (Hypnum) 2,5 cm | 25162     | Kiefernnadeln 1,0 cm | 26206 |
| „ „ 5,0 „            | 26177     | „ „ 2,5 „            | 27073 |
| „ „ 7,5 „            | 26763     | Eichenlaub 1,0 „     | 28164 |
| „ „ 10,0 „           | 26598     | „ „ 2,5 „            | 33201 |
| Fichtennadeln 1,0 „  | 28940     | Buchenlaub 1,0 „     | 27209 |
| „ 2,5 „              | 30272     | „ 2,5 „              | 28220 |
| Nackt . . . . .      | 18474 ccm |                      |       |
| Regenmenge . . . . . | 35901 „   |                      |       |

Bei Betrachtung vorstehender Zahlen läßt sich ohne Weiteres erkennen:

- 1) daß von derselben Niederschlagsmenge während der Vegetationszeit in dem nackten Boden beträchtlich geringere Wassermengen in die Tiefe absickern als in dem mit einer Streudecke versehenen Boden von sonst gleicher Beschaffenheit;
- 2) daß bereits eine Streudecke von 1 cm genügt, um die Sickerwassermengen in einem außerordentlichen Grade zu vermehren, sowie, daß die aus dem Boden abtropfenden Wassermengen mit der Mächtigkeit der Streuschicht in schwach aufsteigender Tendenz zunehmen, bis zu einer bestimmten Grenze (5 cm),

- über welche hinaus bei weiterer Erhöhung der Streulage die nach unten abgegebenen Wassermengen sich gleich bleiben, oder eine stetige Abnahme erfahren;
- 3) daß die verschiedenen aus abgestorbenen Pflanzentheilen bestehenden Streudecken unter übrigens gleichen Umständen fast die gleiche Wirkung auf die Sickerwassermengen in der ad 1 und 2 geschilderten Weise ausüben, mit Ausnahme des Moooses, unter welchem die Sickerwassermengen aus dem Boden, im Vergleich zu den übrigen Streusorten geringer ausfallen;
- 4) daß die Menge des im Boden absickernden Wassers durch eine lebende Moosdecke (*Dicranum*) wesentlich vermindert wird im Vergleich zu einer abgestorbenen von sonst gleicher Beschaffenheit.

Abgesehen von Nebenumständen ist der ad 1 charakterisirte Einfluß der Streudecke auf die durch letztere bewirkte Verminderung der Verdunstung aus dem Boden und die damit Hand in Hand gehende Feuchterhaltung desselben zurückzuführen. Indem der bedeckte Boden einen größeren Wassergehalt bewahrt als der nackte, sind die zum Ersatz des Verdunstungsverlustes erforderlichen Wassermengen naturgemäß in jenem Fall geringer als in diesem, weshalb sich dort eher und in größeren Mengen ein für die Speisung der Drainwässer verbleibender Ueberschuß ergibt als hier.

Im Uebrigen ist zur Erklärung der Ergebnisse dieser Versuche das Verhalten der Streudecke selbst zum Wasser in Betracht zu ziehen (I. B.). Da bei gleicher Mächtigkeit der Schicht die Verdunstungs- und Sickerwassermengen bei den Laub- und Nadelstreusorten annähernd gleich sind, das Verdunstungsvermögen bei dem Moose aber größer und die aus demselben nach unten abgegebene Wassermenge geringer ist als bei vorbezeichneten Materialien (I. B. b. und c.), so werden hierin die Ursachen der in Satz 3 geschilderten Gesetzmäßigkeiten gefunden werden müssen.

Ungleich schwieriger sind die Wirkungen verschieden hoher Streuschichten auf die Wasserführung des Bodens, wie solche in den vorliegenden, sowie in früher mitgetheilten<sup>1)</sup> Versuchen hervorgetreten sind,

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. X. 1887. S. 321—337.



insofern zu erklären, als zwischen diesen und den bezüglich des Verhaltens der Streudecke zum Wasser angestellten sich in gewisser Hinsicht einige Abweichungen ergeben. Nach den im Abschnitt I. B. unter b. mitgetheilten Versuchsergebnissen nehmen die Sickerwassermengen aus der Streudecke mit der Mächtigkeit derselben bis zu 20 cm zu. Hiernach müßte geschlossen werden, daß auch die Drainwässer aus dem Boden, der mit einer verschieden starken Streulage bedeckt ist, um so ergiebiger sein müßten, je höher die Deckschicht bis zu jener Grenze ist, weil der Boden bereits bei 5 cm Höhe der Schicht mit Wasser gesättigt ist und sich in diesem Zustande mit geringen Schwankungen, wie nachgewiesen, dauernd erhält. Dies ist jedoch nicht der Fall, denn nach den übereinstimmenden Resultaten der Versuche I—III, Abschnitt II. B. b. sind die Werthe für die aus dem Boden absickernden Wassermengen bei einer über 5 cm hinausgehenden Mächtigkeit (bis 10 cm) so wenig von einander abweichend, daß dieselben als gleich betrachtet werden können. Dieser Umstand sowohl, als auch die Thatsache, daß das Ansteigen der Sickerwassermengen aus dem Boden bei einer Mächtigkeit von 1—5 cm der Streudecke in einem viel geringeren Betrage erfolgt, als nach den Versuchen über die Verdunstung und Absickerung des Wassers aus der Streudecke (I. B. c. b.) hätte erwartet werden müssen, machen es wahrscheinlich, daß die Feuchtigkeitsverhältnisse der Streudecke durch den darunter liegenden Boden theilweise eine Modifikation erfahren, welche darin besteht, daß in der Streudecke in Folge der Auflagerung auf den Boden größere Feuchtigkeitsmengen zurückgehalten werden als in dem Falle, wo eine solche Unterlage fehlt.

Die Möglichkeit einer derartigen Abänderung des Verhaltens der Streudecke zum Wasser durch den Boden wird begreiflich, wenn man berücksichtigt, daß der Boden in Folge seiner Sättigung dem aus der Streudecke abickernden Wasser ein mechanisches Hinderniß entgegenstellt, und daß der Uebertritt aus der lockeren Decke in den festeren Boden überhaupt erschwert ist, während in dem Falle, wo die Streu auf dem durchlöcherten Boden der Lysimeter direkt auflagert (I. B. b.), der Abfluß des überschüssigen Wassers nicht gehindert ist.

Unter Berücksichtigung der zuletzt berührten Verhältnisse wird auf Grund der mitgetheilten Versuchsergebnisse angenommen werden dürfen,

1) daß in dem streubedeckten Boden die Feuchtigkeit und demgemäß die Sickerwassermenge mit der Höhe der Deckschicht mit schwach aufsteigender Tendenz bis ca. 5 cm Mächtigkeit der Streulage zunimmt, weil in gleichem Maße die Verdunstung aus dem Boden herabgedrückt wird und diese Wirkung von größerem Belang ist als die durch die Streu zurückgehaltene Wassermenge; 2) daß von jener Grenze ab bei weiterer Erhöhung der Deckschicht bis ca. 20 cm Mächtigkeit derselben die Werthe für die Bodenfeuchtigkeit und die Sickerwassermengen sich annähernd gleich bleiben, weil die Wirkungen der Verdunstung und der Wasserkapazität der Streuschicht sich ausgleichen; 3) daß bei einer über 20 cm hinausgehenden Mächtigkeit der Deckschicht die Sickerwassermengen aus dem Boden stetig abnehmen, weil die Verdunstung aus letzterem dann gleich Null ist, die von der Streu selbst zurückgehaltenen Feuchtigkeitsmengen aber so groß werden, daß der von derselben bedeckte Boden eine im Verhältniß zur Streulage stetig abnehmende Wassermenge erhält.

Die in Satz 4 S. 182 geschilderten Gesetzmäßigkeiten lassen sich offenbar nur dadurch erklären, daß die lebende Moosdecke mehr Wasser an die Atmosphäre abgegeben hat als die todte. Ein Vergleich der betreffenden Daten in Versuch I und II (II. B. b.) läßt in Bezug hierauf sogar sehr bedeutende Unterschiede erkennen. Dieses Resultat steht im grellen Widerspruch zu den Ergebnissen der Untersuchungen *F. Oltmann's* über die Wasserbewegung in der Moospflanze und ihren Einfluß auf die Wasservertheilung im Boden<sup>1)</sup>, nach welchen zwischen todttem und lebendem Moosrasen hinsichtlich der Verdunstung und der Einwirkung auf den Feuchtigkeitsgehalt des Bodens vollständige Uebereinstimmung bestehen soll. Obwohl die Versuche von *Oltmann* nicht einwurfsfrei sind, und die vorliegenden im größeren Maßstabe und mehr unter natürlichen Verhältnissen angestellten einen höheren Anspruch auf Gültigkeit beanspruchen könnten, glaubt Referent, angesichts der bestehenden Widersprüche, sich damit begnügen zu sollen, die Wichtigkeit einer nochmaligen Prüfung vorliegender Frage an der Hand eingehender experimenteller Untersuchungen an dieser Stelle hervorzuheben und die Aufmerksamkeit der forstlichen Versuchsstationen auf diesen Gegenstand zu lenken.

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. VIII. 1885. S. 76—83.

## Neue Litteratur.

**L. Palmieri.** Gleichzeitige Beobachtungen der Lufterlektrizität innerhalb und außerhalb der Wolken. *Rendiconti dell'Accademia delle Scienze fisiche e mat. di Napoli.* 1889. Ser. 2. Vol. III. p. 167. — *Naturw. Rundschau.* 1889. Nr. 44. S. 561.

Seit dem Jahre 1872 ist das Observatorium auf dem Vesuv mit dem meteorologischen Institut der Universität in Neapel telegraphisch verbunden, und somit Gelegenheit gegeben, an diesen beiden Stationen, deren Niveaudifferenz 580 m beträgt, die verschiedensten meteorologischen Beobachtungen gleichzeitig auszuführen. Verf. hat hier seit dieser Zeit viele Untersuchungen über die Lufterlektrizität angestellt<sup>1)</sup>, deren Resultate die von ihm schon lange bekämpfte, aber noch weit verbreitete Ansicht, daß die Elektrizität mit der Höhe zunehme, widerlegen. Alle Beobachtungen haben nämlich ganz gleichsinnig gezeigt, daß an heiteren Tagen ohne heftige Winde in der Winterhälfte des Jahres die Werthe, welche man für die Lufterlektrizität auf der Universitäts-Sternwarte findet, größer sind als die auf dem Vesuv-Observatorium gemessenen (ausgenommen sind einige Fälle, in denen Nordwinde vorherrschten), nur in der anderen, sommerlichen Jahreshälfte verhält sich die Elektrizität umgekehrt, auf dem hochgelegenen Observatorium werden höhere Werthe beobachtet als auf der Universitäts-Sternwarte, und zwar meist in den wärmsten Stunden des Tages; in den Nächten hingegen verhält sich die Lufterlektrizität wie im Winter.

Dieses schon wiederholt vom Verf. bekannt gegebene Resultat wird in der vorliegenden Abhandlung, neuen Widersprüchen gegenüber, nochmals betont. Neu und besonders erwähnenswerth sind aber die Ergebnisse gleichzeitiger Beobachtungen der Lufterlektrizität innerhalb der Wolken auf dem Vesuv-Observatorium und bei heiterem, wolkigem oder bedecktem Himmel in Neapel.

Während der Winterhälfte des Jahres haben die Beobachtungen regelmäßig gezeigt, daß die Elektrizität innerhalb der Wolken auf dem Observatorium geringer gewesen als die in Neapel bei heiterem, bedecktem oder wolkigem Himmel gleichzeitig beobachtete, abgesehen von einigen seltenen Ausnahmen. Ferner ist bemerkenswerth, daß man, wenn die Wolken auf dem Observatorium sich in Regen auflösten, bald darauf sehr starke positive, und in der Universität gleichfalls starke, aber negative Elektrizität beobachtete, in Uebereinstimmung mit einem vom Verf. bereits 1854 aufgestellten Gesetze. Vom Monat Mai bis zur Mitte Oktober hingegen, wo in der Regel auf dem Vesuv-Observatorium die Elektrizität bedeutend stärker ist als auf der Universitäts-Sternwarte, findet man, wenn das Observatorium in Wolken gehüllt ist, die Elektrizität auf der Universitäts-Sternwarte fast immer stärker als die gleichzeitig auf dem Vesuv

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. VIII. 1884. S. 262 u. Bd. IX. 1886. S. 442.

beobachtete. Es braucht nicht wiederholt zu werden, daß, wenn Regen fällt, die Elektrizität sich auf dem Observatorium sehr stark positiv zeigt und an der Universität stark negativ.

Die allgemein verbreitete und früher auch vom Verf. getheilte Ansicht, daß die Wolken Elektrizitätsleiter sind, welche sich in der Luft entweder positiv oder negativ laden und bei ihrer Begegnung Blitze überspringen lassen, konnte man gleichfalls auf dem Observatorium einer Prüfung unterwerfen, da dieses oft von Wolken erreicht wird, die, vom Meere kommend, bis zu einem tieferen Niveau als das des Observatoriums den Vesuv bedecken, der viele Stunden oder einige Tage in den Wolken bleibt. Zuweilen sieht man auf dem Meere herumstreichende Wolken, die, von einander getrennt, nach einander herankommen, für kurze Zeit das Observatorium einhüllen und dann über die Ebenen Campaniens ziehen, um entweder zu verschwinden oder sich auf den Apenninen anzuhäufen. Das Herankommen der Wolken macht sich in der Regel bemerkbar durch eine geringe Abnahme der Elektrizität, welcher beim Abziehen der Wolke eine geringe Zunahme folgt. In all' den Jahren konnte Verf. niemals negative Elektrizität in den Wolken beobachten, wenn nicht Regen in der Entfernung herrschte; stärkere positive Elektrizität als normal fand er nur, wenn die Wolken sich verdichteten und eine ganz unverhältnißmäßige Zunahme der Elektrizität wurde nur beobachtet, wenn die Wolken sich entschieden in Regen verwandelten. Daher ist bei wolkigem Himmel die Lufterlektrizität geringer als bei heiterem, wenn es weder am Orte der Beobachtung noch in einem bestimmten Abstände regnet, was auch *A. Quetelet* angegeben hat. Die gleichzeitigen Beobachtungen innerhalb und außerhalb der Wolken stimmen nun sehr merkwürdig darin überein, die obige irrige Meinung zu bekämpfen. Es könnte auffallen, daß das Erscheinen eines einfachen Nebels am Orte der Beobachtung eine starke Zunahme der Elektrizität veranlaßt, die nicht stattfindet in den Wolken, welche ihn bedecken. Aber dies läßt sich leicht erklären, wenn man bedenkt, daß das plötzliche Erscheinen des Nebels ein Kondensiren von Dampf bedeutet; eine fertige Wolke besteht hingegen aus Dampf, der sich anderswo kondensirt und seine Elektrizität verloren hat. Wenn nämlich dieselben Nebel, welche bei ihrem Auftreten starke Elektrizität zeigen, stationär bleiben, hält zwar die relative Feuchtigkeit an, aber die stärkere Elektrizität verschwindet.

Die Wolken als solche haben somit kein eigenes Potential, außer wenn sie sich in Regen, Hagel oder Schnee umwandeln, und somit hat auch die Unterscheidung von positiven und negativen Wolken keinen Sinn. Negative Elektrizität findet man nur bei Regen in der Entfernung oder beim Niederfallen von Sand. Wenn daher bei fallendem Regen der Beobachter in der negativen Zone sich befindet, welche denselben umgeben muß, wird er diese Elektrizität beobachten bei heiterem, oder bei wolkigem Himmel und selbst bei geringem Regen, der in jener Zone stattfinden kann. So entstand nach dem Verf. der Glaube an die negative Elektrizität bei heiterem Himmel, an die negativen Wolken und Regen.

Wenn nun die Wolken als solche kein eigenes Potential besitzen, das verschieden ist von demjenigen des Feldes, in dem sie schweben, so sieht Jeder ein, wie verkehrt es ist, die Existenz von gewissen stark elektrischen Wolken zu be-

haupten, aus denen die Gewitter entstehen. Es giebt keine Wolken, welche an sich Gewitter bringend sind, sondern alle können es werden, wenn sie gezwungen werden sich schnell in Regen und Hagel umzuwandeln. Jede Wolke, welche sich in Regen auflöst, wird eine reichliche Quelle der Elektrizität, welche ihren Einfluß auf mehr oder weniger große Entfernungen bemerkbar macht, je nach der Menge und der Schnelligkeit ihrer Regengüsse, und so entstehen die Zonen, welche Verf. bereits 1854 aufgefunden. Wenn die Verdichtung eine schnelle ist, werden die Spannungen sehr stark, und, wenn diese sich nicht leicht zerstreuen, treten Blitze auf, welche sich auf die Zonen beschränken, in denen der Regen nicht fällt. Aus diesem Grunde kann man immer, wenn man den Donner hört oder einfach den Blitz im Dunkel der Nacht sieht, sicher sein, daß in gewisser Entfernung reichlicher Regen, oft mit Hagel, fällt, und daß dort das Zentrum des Gewitters ist.

Verf. hatte oft Gelegenheit, viele Stunden lang das Vorüberziehen der Wolken zu beobachten, welche, vom Meere kommend, das Observatorium erreichten und, nachdem sie Campanien durchzogen hatten, sich an der Apenninkette ansammelten im Norden des Observatoriums, wo die höheren Gipfel la Majella auf dem Matese und weiterhin il Gran Sasso liegen, und auf diesen Gipfeln sah man bei der Abenddämmerung häufig einen heftigen Gewitterregen. Wie konnten die Wolken, welche harmlos am Observatorium vorüberzogen, auf dem Matese zu Gewitterwolken werden? Die Antwort ist einfach, weil sie sich dort in heftige Wasserströme mit oder ohne Hagel verwandelten.

**Wäckert.** Warum ist die Rothbuche der Blitzgefahr weniger ausgesetzt als die Eiche? Das Wetter. 1889. Heft 11. S. 263.

Zu dieser interessanten Frage, welche schon öfter erörtert worden ist, schreibt Verf. an die Münchener Neuesten Nachrichten: Wir möchten diese die Blitzgefahr abwendende Eigenthümlichkeit der Rothbuche in der Behaarung und Bewimperung ihrer Blätter suchen. Die Blitzgefahr der Waldbäume ist abhängig von der relativen Höhe, von dem durch größeren oder geringeren Saftreichthum bedingten Leitungsvermögen und von der elektrischen Spannung. Den letzteren Punkt wollen wir näher in das Auge fassen. Während die Eiche kahle Blätter hat, sind diejenigen der Rothbuche am Rande reich bewimpert und an den Stielen und Nerven reich mit Seidenhaaren besetzt. Diese Haare lassen unserer Ansicht nach eine starke elektrische Spannung in der Rothbuche nicht aufkommen, indem sie als unzählige Spitzen die sich während eines Gewitters in dem Baume etwa ansammelnde Elektrizität zum großen Theil ausströmen. Zu dieser Ansicht wurden wir gebracht durch das Verhalten der langen reichbehaarten Grannen des zu trocknen Sträußen beliebten Federgrases (*Stipa pennata*), das wir statt Schlaggoldes zu *Du Fay's* Versuch gebrauchten. Fast zur Gewißheit wurde uns die oben ausgesprochene Vermuthung, nachdem wir mit Eichen- und Rothbuchen-zweigen selbst Versuche gemacht hatten. Abwechselnd auf den Konduktor einer Elektrisirmaschine gesteckte Eichen- und Rothbuchen-zweige, durch eine gleiche Zahl Umdrehungen elektrisirt, zeigten sowohl an den sogleich als auch an den nach bestimmten Zeiträumen durch einen Ueberträger entnommenen Elektrizitätsmengen, daß die Spannung im Eichenzweig eine doppelt so große

war und sich auch längere Zeit erhielt als in dem Rothbuchen Zweige. Ein einzelnes dem Konduktor aufgestecktes Blatt der Rothbuche verminderte die Spannung desselben um ein bestimmtes Quantum in kürzerer Zeit als ein aufgestecktes Eichenblatt. Nach den Ergebnissen dieser Versuche möchten wir unsere Ansicht dahin zusammenfassen: Bäume mit behaarten oder bewimperten Blättern sind unter übrigens gleichen Umständen der Blitzgefahr weniger ausgesetzt als solche mit kahlen Blättern, darum die Rothbuche weniger als die Eiche. Weitere exaktere bezügliche Versuche seien berufeneren Händen empfohlen.

**J. Hann.** Ueber die Luftfeuchtigkeit als klimatischer Faktor. Wiener klinische Wochenschrift. 1889. Nr. 18.—19. — Meteor. Zeitschrift. 1889. [S. 71]. Heft 9.

Es herrscht vielfach und zwar nicht nur in ärztlichen Kreisen noch Unklarheit darüber, welcher Ausdruck der Luftfeuchtigkeit in klimatischer Beziehung für den Menschen der wichtige ist: das betrifft weniger die absolute Feuchtigkeit als die relative Feuchtigkeit und das Sättigungsdefizit.

Der absoluten Feuchtigkeit hat man eine größere klimatische Bedeutung nur in einem Sinne beigemessen: für die Wasserabgabe aus der Lunge bei der Athmung. Da hierbei die Luft jedesmal auf Körpertemperatur erwärmt wird, so bestimmt ganz allein der Dampfdruck den Grad der Trockenheit der in die Lunge aufgenommenen Luft. Doch ist diese Bedeutung überschätzt worden; denn obwohl in arktischen Gegenden der Dampfdruck oft fast Null ist, so hört man doch keine Klagen über Lufttrockenheit und findet keinerlei Angabe über ihre Wirkungen auf den Organismus. Wesentlicher scheint eine bedeutende Minderung der Wasserabgabe aus der Lunge in Folge sehr hohen Dampfdruckes zu sein, wie er jedoch in der Natur nur in den Tropen bei nahezu gesättigter Luft vorkommt. Dann aber ist nicht mehr zu trennen, was von der empfundenen Schwüle der Wirkung der gesammten Wasserabgabe aus der Lunge oder von der Haut zuzuschreiben ist.

Ueber den praktischen Werth der relativen Feuchtigkeit ist man in der letzten Zeit etwas zweifelhaft geworden und hat an ihre Stelle mehrfach das Sättigungsdefizit setzen wollen, da dieses auch ohne Kenntniß der Temperatur eine Bedeutung habe. Das ist nun aber nicht richtig, wie sich direkt aus den Erfahrungen am menschlichen Körper erweisen läßt.

In arktischen Gegenden, für kurze Zeit auch bei uns, kann die Luft für das Gefühl sehr trocken sein, obwohl das Sättigungsdefizit wegen der niedrigen Temperatur immer sehr klein bleiben muß; denn bei absoluter Trockenheit der Luft und  $-20^{\circ}$  ist der maximale Dampfdruck nur 0,9 mm (bei  $-30^{\circ}$  0,4 mm). In Ostsibirien wird nach von *Middendorff* der durch die menschliche Ausdünstung tagüber feucht gewordene Pelz über Nacht umgewendet auf den Schnee gelegt und am Morgen findet man ihn vollkommen trocken — bei einem Sättigungsdefizit von 0,0 mm! Das Gleiche geht aus der Gegenüberstellung der 2 p. m.-Beobachtungen eines für das Gefühl trockenen, kalten und eines schwülen, warmen Tages in Wien hervor.

|                             | trocken<br>6./II. 1870. | schwül<br>7./VII. 1870. |
|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Temperatur . . . . .        | -9,2°                   | 24,3°                   |
| Dampfdruck . . . . .        | 0,5 mm                  | 15,9 mm                 |
| Rel. Feuchtigkeit . . . . . | 61 %                    | 71 %                    |
| Sättigungsdefizit . . . . . | 0,7 mm                  | 6,7 mm.                 |

Wäre das Sättigungsdefizit maßgebend für das Gefühl, so müßte jener Wintertag als feucht und im Vergleich dazu der Sommertag als trocken empfunden werden. Zu einem gleichen Resultat führt die Gegenüberstellung der folgenden Jahreszeiten - Mittel.

|                               | Winter   |      |        | Sommer   |      |        |
|-------------------------------|----------|------|--------|----------|------|--------|
|                               | New-York | Wien | Oxford | New-York | Wien | Oxford |
| Temperatur °C . . . . .       | 1,0      | 0,6  | 4,2    | 22,8     | 19,5 | 15,8   |
| Dampfdruck mm . . . . .       | 3,3      | 3,7  | 5,4    | 14,2     | 10,8 | 10,1   |
| Rel. Feuchtigkeit % . . . . . | 78       | 82   | 87     | 68       | 64   | 75     |
| Sätt.-Defizit mm . . . . .    | 0,9      | 0,7  | 0,7    | 6,5      | 6,2  | 3,3    |
| Regen mm . . . . .            | 237      | 111  | 148    | 335      | 203  | 192.   |

Nach dem Sättigungsdefizit wäre Wien im Winter so feucht wie Oxford, im Sommer etwas feuchter als New-York. Beides ist falsch, wie das Gefühl sofort sagt: Der Winter ist in Oxford feuchter, der Sommer in New-York weit feuchter und schwüler als in Wien.

In diesen Fällen giebt die relative Feuchtigkeit ein besseres Bild der klimatischen Verhältnisse als das Sättigungsdefizit. Es ist also letzteres ohne gleichzeitige Temperaturangabe unter Umständen nicht weniger irreleitend als die relative Feuchtigkeit. „Von einer relativen Feuchtigkeit von 50—80% kann ich mir sogleich eine ganz bestimmte Vorstellung machen, wenn ich nur weiß, auf welche Zeit und welchen Ort (ganz beiläufig, das genügt) sie sich bezieht. Nicht so bei einem Sättigungsdefizit, z. B.: von 2 oder 8 mm. Man muß da die Temperatur genauer kennen, um beurtheilen zu können, ob die Luft dabei klimatisch feucht oder trocken ist (schwül, drückend oder anregend, stimulierend).“

Verf. verwahrt sich daher ganz entschieden dagegen, daß man das Sättigungsdefizit kurzweg an die Stelle der relativen Feuchtigkeit setzt und letztere unterdrückt.

**F. Roth. Höhe der Regenwolken. Meteor. Zeitschr. 1889. Heft 12. S. 479.**

Verf. stellte über die Höhe der Regenwolken in Hamburg einige Beobachtungen an, denen wir Folgendes entnehmen. Am 30. September Nachmittags, an welchem ein Regenguß von W. heranzog, maß Verf. die Höhe des sehr unebenen unteren Wolkenrandes mit den Fingern der quer vorgehaltenen Hand seines ausgestreckten Armes. Die Größe des auf solche Art beobachteten Gesichtswinkels bestimmte er später dadurch, daß er in gleicher Weise einen in bekannter Entfernung aufgestellten Meterstab ins Auge faßte. So erhielt er für die trigonometrische Tangente des betreffenden Winkels im Durchschnitt den Werth 0,02775. Auf der Einzelkarte des Hamburger Kreises maß er dann mit dem Zirkel die Entfernung seines Standpunktes von denjenigen Stellen Hamburgs, die er nach der Richtung des Windes als lothrecht unter dem vorderen Wolkenrande

liegend annehmen mußte. Die Zirkelöffnung umfaßte 13 Minuten geogr. Br. Daraus berechnet sich die Höhe der Regenwolke zu 668 m.

An demselben Nachmittage stellte er bei einem zweiten Regenguß ähnliche Beobachtungen an. Den Höhenwinkel maß er wie vorher und fand als seine Tangente außerhalb der Stadt 0,0215, über derselben 0,02775 bis 0,031, nach der Karte betrug der geradlinige Abstand des Ortes, wo sich Verf. befand, von dem diesseitigen Elbufer, das als die Stelle der lothrechten Projektion der vorderen Grenze der Regenwolke angesehen werden mußte, abgerundet 12 Minuten geogr. Br. Auf Grund dieser Zahlen giebt die Berechnung für die Höhe der Grundfläche der zweiten Wolke westlich von Hamburg 478 m, über der Stadt 617 bis 689 m. Die gefundenen Werthe bewegen sich demnach innerhalb der Grenzen, die von *Ekholm* und *Hagström* in Schweden für die Sommer-Regenwolken aufgestellt worden sind. E. W.

**H. Wud.** Ueber *Assmann's* neue Methode zur Ermittlung der wahren Lufttemperatur. Repertorium für Meteorologie. Bd. XII. Nr. 11. Petersburg. 1889.

In vorliegender Abhandlung theilt Verf. die Resultate vergleichender Beobachtungen mit, die er mit dem von *Assmann* konstruirten Aspirationspsychrometer<sup>1)</sup> und in seiner Normalhütte<sup>2)</sup> mit Blechgehäuse angestellt hat. Da er über ein Instrument ersterer Art zunächst nicht verfügte, so ließ er ein solches aus vorhandenen Theilen verschiedener früherer Apparate zusammensetzen.

Die vorerst angestellten Versuche zeigten nun, daß das Thermometer in dem der Sonne ausgesetzten polirten Messingblechgehäuse ohne Ventilation im letzteren durchweg 2° höher zeigte als das Thermometer in dem Normalgehäuse des Verf. ohne Ventilation, daß dann durch zweiminütliche Ventilation von 1,7 m pro Sek. Geschwindigkeit das erstere durchschnittlich um 1,3° und das letztere um 0,4° sank, somit jenes noch 0,7° höher zeigte als des Verf. Thermometeraufstellung ohne Ventilation und 1,1° höher als diese nach zweiminütlicher Ventilation mit 2,5 m pro Sek. Geschwindigkeit der Luft im Gehäuse. Hiernach weist also die neue, von *Assmann* angegebene Methode zur Bestimmung der Lufttemperatur jedenfalls einen viel größeren Fehler auf als die seiner Zeit vom Verf. zu dem Ende angegebene und von jenem so scharf angegriffene Thermometer-Aufstellung. Dafür spricht auch die weitere, aus den betreffenden Beobachtungen sich ergebende Thatsache, daß nämlich das Thermometer im *Assmann's*chen Gehäuse beim Einrücken in den Schatten noch weiter sinkt.

Da im Jahre 1888 so wie so im Observatorium zu Pawlowsk stündliche direkte Beobachtungen für alle meteorologischen Elemente organisirt waren, so ließ Verf. durch die Beobachter auch vorstehendes Instrument vom 21. Juli an allstündlich, möglichst gleichzeitig mit den übrigen thermometrischen Apparaten ablesen und zwar jeweilen nur unter eventueller voller Bestrahlung des blank erhaltenen Messingcylinders durch die Sonne und nach je zweiminütlicher Ventilation desselben.

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. XI. 1888. S. 175 u. Bd. VII. 1884. S. 459.

<sup>2)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. II. 1879. S. 521. — Bd. VIII. 1885. S. 88. — Bd. XI. 1888.



Diese Beobachtungen zeigten, daß im Sommer das Thermometer im Messingzylinder bei Sonnenschein in Folge der Einstrahlung bis  $2^{\circ}$  zu hohe und in klaren Nächten in Folge der Ausstrahlung bis  $1^{\circ}$  zu niedrige Temperaturen anzeigt, somit die *Assmann'sche* Methode die Tagesamplitude bis um  $3^{\circ}$  zu groß angeben kann.

Da der Effekt der Ventilation bei den beiderlei Apparaten in gleicher Weise darin bestand, bei Sonnenschein die Temperaturangabe der Thermometer zu erniedrigen und umgekehrt in der Nacht dieselben zu erhöhen, so können obige Differenzen nicht etwa dahin gedeutet werden, daß die Thermometer-Aufstellung des Verf. bei Sonnenschein zu niedrige und in der Nacht zu hohe Temperaturen ergeben habe.

Da der dem *Assmann'schen* Instrument nachgebildete Apparat insofern von dem Original abwich, als der das Thermometergefäß umschließende Metallzylinder viel weiter — 100 mm statt 10 mm — war, und somit ein Einwand gegen die Zulässigkeit vorbezeichneter Versuche erhoben werden könnte, ließ Verf. die Beobachtungen weiterhin mit einem inzwischen von *Fueß* in Berlin gelieferten *Assmann'schen* Instrumente fortsetzen. Aus den bezüglichen Beobachtungen ergab sich nun, daß das eigentliche *Assmann'sche* Instrument noch viel ungünstigere Resultate giebt als der nach seinem Prinzip zusammengestellte Apparat. Selbst in der kälteren Jahreszeit, während welcher die betreffenden Beobachtungen ausgeführt wurden, giebt dasselbe in der Sonne um  $1-2^{\circ}$  zu hohe und in klaren Nächten bis  $1^{\circ}$  zu niedrige Temperaturen, so daß die Fehler ungefähr 4 Mal größer sind als bei der Thermometer-Aufstellung des Verf. ohne Ventilation des Gehäuses.

Da die Beobachtungen des Verf. im Jahre 1887 und 1888 gezeigt hatten, daß nicht etwa im Sommer, sondern im Frühjahr und besonders im März die Effekte der Ein- und Ausstrahlung sowohl auf die ganz ungeschirmten als auf die in Hütten aufgestellten Thermometer am bedeutendsten sind, so hat Verf. bei klarem Wetter in jenem Monat noch einige vergleichende Versuchsreihen mit dem *Assmann'schen* Instrumente in Pawlowsk anstellen lassen. Dabei zeigte sich, daß die Temperatur in des Verf. Gehäusen mit ihren beschirmenden Hütten im Allgemeinen schon nach zweiminütlicher Ventilation einen konstanten Stand erreichte, was für Angabe der richtigen Lufttemperatur spricht, während bei dem *Assmann'schen* Instrument die Temperatur meist nach 5minütlicher Ventilation noch in den folgenden 5 Minuten sank und auch dann noch im Minimum  $2,7^{\circ}$  und im Maximum  $10,8^{\circ}$  über der wahren Lufttemperatur stehen blieb.

Hält man sich nur an vorstehendes Minimumresultat und betrachtet man den Maximumfehler als Folge irgend eines Versehens oder einer ungenügenden Funktion des Aspirators, so folgt doch aus diesen und den vorigen vergleichenden Versuchen, „daß das *Assmann'sche* Aspirations-Thermometer wenigstens in seiner uns vorliegenden Form ein für die Bestimmung der wahren Lufttemperatur durchaus ungenügendes Instrument ist“.

Eine nebenher angestellte Beobachtung führte zu dem Resultat, daß das Thermometer im *Assmann'schen* Instrument durch bloße einseitige Beschattung gegen die Sonne der wahren Lufttemperatur schließlich näher kam als durch Ventilation in der Sonne.

„Dies zusammen mit den früheren Versuchen im Sommer zeigt aber, daß auch

das Prinzip der *Assmann'schen* Methode zur Ermittlung der Lufttemperatur durch die Erfahrung nicht als richtig bestätigt worden ist. Polirte Metalle absorbiren allerdings sehr wenig Wärmestrahlen und sind atherman, sie besitzen zugleich eine sehr kleine spezifische Wärme, so daß auch geringe zugeführte Wärmemengen ihre Temperatur rasch erhöhen. Andererseits aber besitzt die Luft eine geringe Wärmekapazität, so daß sie nur langsam mit den in sie eingetauchten Körpern anderer Temperatur sich ins thermische Gleichgewicht setzt. Hierdurch erklärt sich wohl die erfahrungsgemäße Thatsache, daß nur eine kräftige Ventilation von mindestens 2 m pro Sek. Geschwindigkeit im Stande ist, schwächere Strahlungseffekte bei Thermometern und Metallbeschirmungen derselben aufzuheben, daß aber auch die stärkste Ventilation nicht genügt, um eine sehr erhebliche Erwärmung derselben durch Sonnenstrahlung über die Temperatur der umgebenden Luft zu vermeiden, oder daß also mit anderen Worten auch ein starker Luftstrom durch Mittheilung nicht so viel Wärme dem Metall entzieht, als dasselbe durch die Sonnenstrahlung aufnimmt. Diese Thatsachen zeigen somit, daß die *Assmann'sche* Methode zur Bestimmung der Lufttemperatur nicht zum Ziele führen kann.“

*E. W.*

**A. Woelkof.** Der Einfluß der Vegetation auf die Quantität der Niederschläge. Zeitschrift des Ministeriums für Volksaufklärung. Petersburg. 1888. Russisch.

**W. Köppen.** Untersuchungen über die Bestimmung der Lufttemperatur. Archiv der deutschen Seewarte. X. Jahrgang. 1887. Nr. 2. Hamburg. 1888.

**J. Heilmann.** Der Kohlensäuregehalt der Luft in Dorpat. Inaug.-Dissertation. Dorpat. 1888. Krsow.

**G. Roster.** L'aria atmosferica studiata del lato fisico, chimico e biologico. Milano. 1889.

**E. Brückner.** In wie weit ist das heutige Klima konstant? Verb. d. VIII. deutschen Geographentages. Berlin. 1889. Reimer.

**S. Günther.** Die Meteorologie, ihrem neuesten Standpunkte gemäß dargestellt. München. 1889. Th. Ackermann.



Am 18. Dezember 1889 verstarb zu Leipzig im beinahe vollendeten 60. Lebensjahre unser verehrter Mitarbeiter

**Herr Professor Dr. Adolph Blomeyer.**

Kgl. Sächs. Geh. Hofrath und Direktor des landwirthschaftlichen Instituts der Universität Leipzig.  
Ehre seinem Andenken!

*Redaktion und Verlagsbuchhandlung.*

# I. Physik des Bodens.

---

*Mittheilungen aus dem agrökulturphysikalischen Laboratorium und Versuchsfelde  
der technischen Hochschule in München.*

---

## LV. Untersuchungen über die Adhäsion und die Reibung der Bodenarten an Holz und Eisen.

von Dr. Johann Schachbasian aus Tiflis (Kaukasus).

---

Für die Bearbeitbarkeit der der landwirthschaftlichen Kultur unterworfenen Bodenarten sind verschiedene Umstände maßgebend. Als solche kommen hauptsächlich die Kohäsion, das Volumgewicht der Böden, sowie die Adhäsion und Reibung derselben an den Ackerwerkzeugen in Betracht. Ueber erstere beiden Eigenschaften liegen ausführlichere Untersuchungen von *H. Puchner*<sup>1)</sup> und *E. Wolny*<sup>2)</sup> vor, während die Adhäsion des Erdreichs an Holz und Eisen bisher nur eine oberflächliche Bearbeitung erfahren hat, und die Reibung der Ackererde an den Werkzeugen überhaupt nicht bestimmt wurde. Es schien mir daher angezeigt, durch das Experiment die Momente näher festzustellen, welche bei Beurtheilung der beiden zuletzt erwähnten Eigenschaften besonders berücksichtigt werden müssen.

### *I. Die Adhäsion der Bodenarten an Holz und Eisen.*

Die Adhäsion macht sich in der Weise geltend, daß sich die Erde mit einer größeren oder geringeren Kraft an die hölzernen und eisernen Bestandtheile der Ackergeräthe anlegt. Man kann daher für dieselbe

---

<sup>1)</sup> Forschungen auf dem Gebiete der Agrökulturphysik. Bd. XII. 1889. S. 195—241.

<sup>2)</sup> Ebenda. Bd. VIII. 1885. S. 349—367.

Wolny, Forschungen. XIII.

dadurch einen ziffermäßigen Ausdruck finden, daß man das Gewicht bestimmt, welches nothwendig ist, um Platten aus den betreffenden Materialien, welche an den Boden angedrückt sind und an demselben haften, loszureißen. Derartige Versuche wurden zuerst von *G. Schübler*<sup>1)</sup> ausgeführt, in welchen die Böden in nassem Zustande verwendet wurden. Die Gewichte, bei welchen das Abreißen der Platten erfolgte, wurden pro 100 □cm Fläche wie folgt bestimmt:

|                        | Eisen.<br>gr. | Holz.<br>gr. |
|------------------------|---------------|--------------|
| Grauer reiner Thon . . | 914,67        | 989,33       |
| Klayartiger Thon . .   | 582,70        | 640,35       |
| Feine Kalkerde . . .   | 484,50        | 528,54       |
| Gypserde . . . . .     | 362,52        | 399,79       |
| Lehmartiger Thon . .   | 359,14        | 386,24       |
| Humus . . . . .        | 298,15        | 318,48       |
| Lettenartiger Thon . . | 267,66        | 301,54       |
| Gartenerde . . . . .   | 216,84        | 254,10       |
| Bittererde . . . . .   | 196,51        | 240,50       |
| Ackererde . . . . .    | 196,51        | 216,83       |
| Schiefriger Mergel . . | 166,01        | 186,34       |
| Kalksand . . . . .     | 138,91        | 149,07       |
| Quarzsand . . . . .    | 128,74        | 145,68.      |

*G. Schübler* zieht aus diesen Zahlen folgende Schlüsse: „Die Adhäsion an einer Fläche von Holz zeigte sich bei allen Erden größer als an Eisen, ohne Zweifel, weil Holz auch im bearbeiteten Zustand der feuchten Erde mehr Berührungspunkte darbietet, als das Eisen; es könnte diesem zu widersprechen scheinen, daß bei nasser Witterung das Erdreich öfter mit hölzernen als eisernen Instrumenten, namentlich mit Eggen zu bearbeiten ist; der Grund dieser Erscheinung ist jedoch nicht in der geringen Adhäsion des Erdreichs zum Holz, sondern oft darin zu suchen daß bei nasser Witterung eiserne Instrumente durch ihr größeres Gewicht tiefer in das Erdreich einsinken, als von Holz gefertigte.“

Weiterhin führte *F. Haberlandt*<sup>2)</sup> verschiedene Versuche über den-

<sup>1)</sup> *G. Schübler*. Grundsätze der Agrikulturchemie. Leipzig 1838. II. Theil, S. 76.

<sup>2)</sup> *F. Haberlandt*. Der allgemeine landwirthschaftliche Pflanzenbau. Wien. 1879. S. 398.

selben Gegenstand aus, wobei er hauptsächlich Graniterde und Thonboden benützte. Die Versuchsmaterialien besaßen folgende Zusammensetzung:

|                  | Größere Theile. Abschlämbare Theile. |       | Humusgehalt. |
|------------------|--------------------------------------|-------|--------------|
|                  | %                                    | %     | %            |
| Thonboden . . .  | 67,49                                | 32,51 | 5,48         |
| Graniterde . . . | 83,38                                | 16,62 | 2,59.        |

Für die Graniterde betrug die Adhäsion:

für Holz, für Eisen  
pro □ Dezimeter

|                                                           |       |        |
|-----------------------------------------------------------|-------|--------|
| Für festgedrückte feuchte Erde, sortirt durch Sieb Nr. 12 | 54 gr | 39 gr  |
| „ „ „ „ „ „ „ „ Nr. 50                                    | 317 „ | 243 „  |
| „ festgestampfte Erde                                     | 749 „ | 583 „. |

Somit beträgt die Adhäsion bei Eisen um nahezu 20 bis 30 Prozent weniger als für Holz.

Die Abhängigkeit der Adhäsion vom Boden und seinem Wassergehalte, sowie von der Belastung erhellt aus folgenden Zahlen:

**Thonboden.**

| Wassergehalt.<br>% | Bei 1 kg Belastung. |          | Bei 5 kg Belastung. |            |
|--------------------|---------------------|----------|---------------------|------------|
|                    | Eisen.              | Holz.    | Eisen.              | Holz.      |
| 48,79              | 632,7 gr            | 868,8 gr | 959,35 gr           | 1365,62 gr |
| 46,13              | 843,6 „             | 1049,8 „ | 1265,40 „           | 1773,80 „  |
| 42,73              | 703,0 „             | 832,6 „  | 984,20 „            | 1158,40 „  |
| 36,17              | 306,2 „             | 651,6 „  | 801,42 „            | 955,68 „   |
| 31,13              | 126,5 „             | 159,3 „  | 492,10 „            | 525,42 „.  |

Bei Sand betragen die Gewichte nur den vierten oder fünften Theil, bei Moorerde nur die Hälfte oder ein Drittel der vorstehenden Werthe.

Aus den mitgetheilten Zahlen ergibt sich, daß die Adhäsion des Bodens für Holz stets größer war, als für Eisen, daß dieselbe mit der Belastung zunahm, und daß sie um so größer ausfiel, je größer der Wassergehalt des Bodens war. Letzteres war jedoch nur bis zu einer bestimmten Grenze der Fall; denn bei dem höchsten Wassergehalte nahm die Adhäsion wieder ab.

Wenngleich die Untersuchungen der beiden genannten Forscher manche schätzenswerthen Fingerzeige für die Beurtheilung der in Rede

stehenden Eigenschaft der Bodenarten geliefert haben, so können dieselben doch keineswegs Anspruch auf vollständige Erschöpfung des Gegenstandes erheben, besonders aus dem Grunde, als die Zahl der Versuche eine durchaus ungenügende war, und die Versuchsmaterialien, mangels Feststellung ihrer näheren mechanischen Zusammensetzung, den Einfluß der einzelnen Hauptbodengemengtheile nicht genügend erkennen lassen. Um den in letzteren Richtungen zu stellenden Anforderungen möglichst zu genügen, habe ich in meinen im Nachfolgenden beschriebenen Untersuchungen die Bodenkonstituenten im thunlichst reinen Zustande und deren in einem bestimmten Verhältniß hergestellte Gemische verwendet.

Der Thon kam in Form von Kaolin, bezogen von der Königl. Porzellanmanufaktur in Nymphenburg bei München, in Benützung. Der Quarzsand stammte aus der Nürnberger Gegend und war theils durch Zerstampfen in einem eisernen Mörser in ein feines Pulver, theils durch Siebe in verschiedene Kornsortimente zerlegt worden. Der Humus war durch Pulvern aus Torf aus dem Aiblinger Moor in Oberbayern hergestellt worden. Die Reinigung dieser Versuchsmaterialien erfolgte durch öfteres Auskochen mit verdünnter Salzsäure und Auswaschen mit destillirtem Wasser. Der Torf wurde außerdem durch wiederholtes Auskochen und Aussüßen mit Alkohol und Aether seiner harzigen Bestandtheile beraubt. Neben diesen Materialien wurde noch ein Lehm-boden (Ziegellehm von Berg am Laim bei München) in pulverförmigem und in krümligem Zustande in Anwendung gebracht.

Der Apparat, dessen ich mich bediente, war folgendermaßen konstruirt. (Fig. 1.) An dem Wagbalken A, welcher in seiner Mitte in einer Schneide beweglich ist, befinden sich an den Enden die beiden Kreissegmente B.

An dem oberen Theil derselben ist je eine Schraube angebracht, von welcher eine Schnur herabhängt, die auf der einen Seite des Wagbalkens ein Gefäß C trägt, auf der anderen Seite eine kreisrunde, einen □ Dezimeter große Platte D aus Buchenholz oder Stahl. Die Verbindung der Schnur mit der Platte ist mittelst eines Universal-Gelenkes hergestellt der Art, daß letztere nach allen Richtungen hin beweglich ist. Der Versuchsboden befindet sich in dem zylindrischen Gefäß E, welches unten mit einem doppelten Boden versehen ist, eine Vorrichtung, welche

ermöglicht, das Erdreich von unten her anzufeuchten. Oben trägt das Gefäß einen Ring F, welcher durch drei Schrauben befestigt werden kann.

Bei Ausführung der Versuche wurde das Gefäß E schichtenweise und unter Feststampfen jeder einzelnen Schichte mit dem betreffenden Materiale bis zum Rande gefüllt, worauf die Oberfläche durch Auflegen

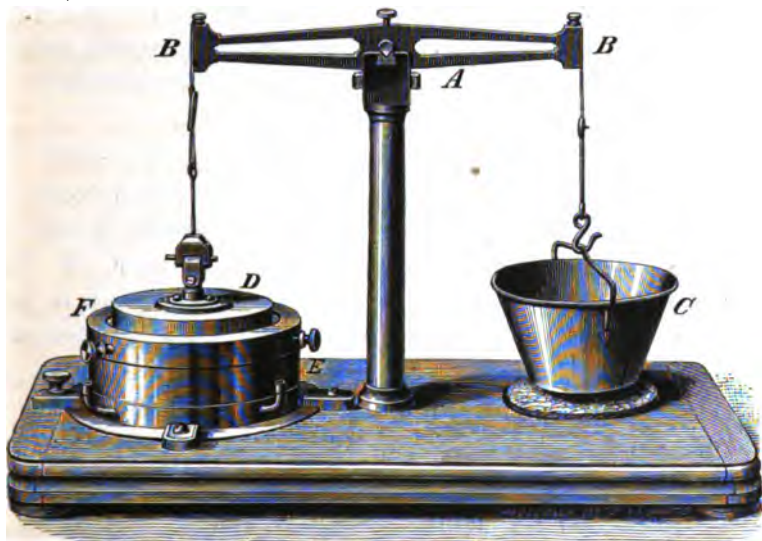


Fig. 1.

einer mit Gewichten belasteten Glasplatte geebnet wurde. Nach dem Abnehmen der Glasplatte wurde der Ring F aufgesetzt und mittelst der oben bezeichneten Schrauben mit dem Gefäß E in feste Verbindung gebracht. Alsdann wurde destillirtes Wasser in den durch den Doppelboden gebildeten Hohlraum eingelassen, von wo aus der Boden sich allmählich bis zur Oberfläche kapillar mit Wasser sättigte. Sobald der Boden keine Gewichtszunahme mehr zeigte, wurde eine der Platten auf die Oberfläche gelegt und mittelst eines 5 kg schweren Gewichtes in allen Versuchen genau 10 Minuten belastet. Nach Umfluß dieser Zeit wurde das Gewicht entfernt, und die Platte mittelst der Schnur an dem Wagbalken befestigt, während auf der anderen Seite das Gefäß C durch Einlaufenlassen von Schrot bis zu dem Punkte beschwert wurde, wo die Platte auf der anderen Seite des Wagbalkens sich von dem Erdreich abhob.

Außer im gesättigten Zustande wurden die Böden, soweit dies anging, auch bei einem niedrigeren Wassergehalte untersucht, und zwar in der Weise, daß ich dieselben soweit langsam austrocknen ließ, bis sie 80, resp. 60 % u. s. w. der vom Boden aufgenommenen Maximalwassermenge (100 %) enthielten. Da bei geringerem Feuchtigkeitsgehalte der Boden an der Oberfläche trockener erschien, als in tieferen Schichten, so wurde vor Anstellung der Versuche jedes Mal durch sanftes Aufreißen der obersten Partie und Festdrücken derselben die Gleichmäßigkeit der Vertheilung des Wassers herbeizuführen gesucht.

So einfach die Ausführung der Versuche auf den ersten Blick erscheinen mag, so erfordern doch die damit verknüpften Manipulationen eine längere Übung, um einigermaßen übereinstimmende Resultate zu erhalten. Besondere Schwierigkeiten bietet das Auflegen der Platte in der Weise, daß sie in allen ihren Theilen mit dem Boden in innige Berührung tritt; um dies zu erreichen, ist nicht allein die Herstellung einer vollkommen ebenen Oberfläche nothwendig, sondern man muß auch durch eine gewisse drehende Bewegung den allenfallsigen Anschluß derselben an das Erdreich zu bewirken suchen. Ich habe beinahe sechs Wochen dazu gebraucht, um mir die zur Erlangung zuverlässiger Resultate erforderlichen Fertigkeiten anzueignen.

In den folgenden Tabellen sind die pro 100 □ cm Fläche ermittelten Resultate, welche mittelst einer Holz-, einer polirten und einer gerosteten Stahlplatte ermittelt wurden, übersichtlich zusammengestellt worden:

*a. Verschiedene Feinheit der Bodenthelchen.*

Quarzsand I: 0,010—0,071 mm. Rel. Wasserkapazität: 100 %.

| Versuch. | Adhäsion in gr. |                 |        |
|----------|-----------------|-----------------|--------|
|          | Stahl polirt.   | Stahl gerostet. | Holz.  |
| 1        | 1857            | 1784            | 1663   |
| 2        | 1949            | 1608            | 1627   |
| 3        | 1987            | 1729            | 1654   |
| 4        | 2066            | 1751            | 1663   |
| 5        | 1975            | 1702            | 1619   |
| Mittel:  | 1956,8          | 1713,8          | 1653,2 |



**Quarzsand II: 0,071—0,114 mm. Rel. Wasserkapazität: 100 %.**

| Versuch. | Adhäsion in gr. |                 |       |
|----------|-----------------|-----------------|-------|
|          | Stahl polirt.   | Stahl gerostet. | Holz. |
| 1        | 1680            | 1242            | 951   |
| 2        | 1749            | 1264            | 1002  |
| 3        | 1674            | 1281            | 967   |
| 4        | 1709            | 1261            | 987   |
| 5        | 1762            | 1290            | 938   |
| Mittel:  | 1716,8          | 1267,6          | 969   |

**Quarzsand III: 0,114—0,171 mm. Rel. Wasserkapazität: 100 %.**

|         |        |      |       |
|---------|--------|------|-------|
| 1       | 1453   | 1001 | 560   |
| 2       | 1424   | 929  | 616   |
| 3       | 1468   | 962  | 637   |
| 4       | 1479   | 990  | 604   |
| 5       | 1427   | 988  | 656   |
| Mittel: | 1450,2 | 974  | 614,6 |

**Quarzsand IV: 0,171—0,250 mm. Rel. Wasserkapazität: 100 %.**

|         |     |     |       |
|---------|-----|-----|-------|
| 1       | 706 | 577 | 310   |
| 2       | 730 | 569 | 277   |
| 3       | 738 | 562 | 258   |
| 4       | 704 | 582 | 319   |
| 5       | 757 | 560 | 298   |
| Mittel: | 727 | 570 | 292,4 |

Quarzsand V: 0,250—0,500 mm }  
 „ VI: 0,500—1,000 mm } zeigten keine Adhäsion.  
 „ VII: 1,000—2,000 mm }  
 „ I—VII: 0,010—2,000 mm. Rel. Wasserkapazität: 100 %.

|         |     |       |       |
|---------|-----|-------|-------|
| 1       | 241 | 221   | 115   |
| 2       | 284 | 309   | 96    |
| 3       | 318 | 219   | 114   |
| 4       | 273 | 258   | 141   |
| 5       | 224 | 261   | 88    |
| Mittel: | 268 | 253,6 | 110,8 |

Kalksand I: 0,010—0,071 mm. Rel. Wasserkapazität: 100 %.

| Versuch. | Adhäsion in gr.  |                    |        |
|----------|------------------|--------------------|--------|
|          | Stahl<br>polirt. | Stahl<br>gerostet. | Holz.  |
| 1        | 1988             | 1835               | 1957   |
| 2        | 1943             | 1766               | 1822   |
| 3        | 1954             | 1824               | 1891   |
| 4        | 1977             | 1795               | 1883   |
| 5        | 1964             | 1787               | 1864   |
| Mittel:  | 1964,2           | 1801,4             | 1883,4 |

Kalksand I: 0,010—0,071 mm. Rel. Wasserkapazität: 80 %.

|         |       |       |   |
|---------|-------|-------|---|
| 1       | 518   | 279   | — |
| 2       | 588   | 249   | — |
| 3       | 465   | 261   | — |
| 4       | 579   | 270   | — |
| 5       | 471   | 230   | — |
| Mittel: | 514,2 | 257,8 | — |

Kalksand II: 0,071—0,114 mm. Rel. Wasserkapazität: 100 %.

|         |        |        |        |
|---------|--------|--------|--------|
| 1       | 1756   | 1119   | 1280   |
| 2       | 1601   | 1149   | 1386   |
| 3       | 1661   | 1194   | 1348   |
| 4       | 1686   | 1178   | 1283   |
| 5       | 1674   | 1191   | 1343   |
| Mittel: | 1675,6 | 1166,2 | 1317,8 |

Kalksand II: 0,071—0,114 mm. Rel. Wasserkapazität: 80 %.

|         |       |       |   |
|---------|-------|-------|---|
| 1       | 409   | 261   | — |
| 2       | 449   | 243   | — |
| 3       | 440   | 237   | — |
| 4       | 437   | 217   | — |
| 5       | 456   | 238   | — |
| Mittel: | 438,2 | 239,2 | — |

Kalksand III: 0,114—0,071 mm. Rel. Wasserkapazität: 100 %.

| Versuch. | Adhäsion in gr.  |                    |       |
|----------|------------------|--------------------|-------|
|          | Stahl<br>polirt. | Stahl<br>gerostet. | Holz. |
| 1        | 1298             | 1010               | 988   |
| 2        | 1378             | 959                | 1010  |
| 3        | 1264             | 1047               | 1096  |
| 4        | 1328             | 961                | 1118  |
| 5        | 1371             | 992                | 1068  |
| Mittel:  | 1327,8           | 993,8              | 1054  |

Kalksand IV: 0,171—0,250 mm. Rel. Wasserkapazität: 100 %.

|         |       |       |     |
|---------|-------|-------|-----|
| 1       | 696   | 691   | 445 |
| 2       | 726   | 609   | 478 |
| 3       | 766   | 687   | 490 |
| 4       | 754   | 690   | 486 |
| 5       | 739   | 670   | 506 |
| Mittel: | 736,2 | 669,4 | 470 |

Kalksand I—IV: 0,010—0,250 mm. Rel. Wasserkapazität: 100 %.

|         |      |      |       |
|---------|------|------|-------|
| 1       | 1581 | 1234 | 953   |
| 2       | 1634 | 1172 | 896   |
| 3       | 1564 | 1181 | 982   |
| 4       | 1567 | 1118 | 904   |
| 5       | 1594 | 1210 | 893   |
| Mittel: | 1588 | 1173 | 925,6 |

*b. Verschiedene Struktur des Bodens.*

Lehm pulverförmig. Rel. Wasserkapazität: 100 %.

|         |      |        |      |
|---------|------|--------|------|
| 1       | 1334 | 1284   | 1485 |
| 2       | 1279 | 1289   | 1443 |
| 3       | 1299 | 1250   | 1502 |
| 4       | 1343 | 1287   | 1413 |
| 5       | 1385 | 1298   | 1452 |
| Mittel: | 1328 | 1271,6 | 1429 |

Lehm pulverförmig. Rel. Wasserkapazität: 80%.

| Versuch. | Adhäsion in gr.  |                    |        |
|----------|------------------|--------------------|--------|
|          | Stahl<br>polirt. | Stahl<br>gerostet. | Holz.  |
| 1        | 1541             | 1378               | 1672   |
| 2        | 1481             | 1402               | 1692   |
| 3        | 1473             | 1298               | 1615   |
| 4        | 1497             | 1393               | 1706   |
| 5        | 1427             | 1341               | 1576   |
| Mittel:  | 1483,8           | 1362,4             | 1652,2 |

Lehm pulverförmig. Rel. Wasserkapazität: 60%.

|         |       |       |       |
|---------|-------|-------|-------|
| 1       | 781   | 592   | 896   |
| 2       | 827   | 582   | 960   |
| 3       | 784   | 496   | 923   |
| 4       | 703   | 616   | 982   |
| 5       | 807   | 501   | 923   |
| Mittel: | 770,4 | 557,4 | 936,8 |

Lehm pulverförmig. Rel. Wasserkapazität: 40%.

|         |     |       |   |
|---------|-----|-------|---|
| 1       | 461 | 248   | — |
| 2       | 447 | 259   | — |
| 3       | 431 | 287   | — |
| 4       | 423 | 223   | — |
| 5       | 478 | 269   | — |
| Mittel: | 448 | 257,2 | — |

Lehm krümelig. Rel. Wasserkapazität: 100%.

|         |       |       |       |
|---------|-------|-------|-------|
| 1       | 136   | 124   | 165   |
| 2       | 127   | 119   | 154   |
| 3       | 140   | 138   | 163   |
| 4       | 117   | 142   | 182   |
| 5       | 143   | 148   | 185   |
| Mittel: | 132,6 | 134,2 | 170,8 |

Lehm krümelig. Rel. Wasserkapazität: 80 %.

| Versuch. | Adhäsion in gr. |                 |       |
|----------|-----------------|-----------------|-------|
|          | Stahl polirt.   | Stahl gerostet. | Holz. |
| 1        | 279             | 220             | 877   |
| 2        | 257             | 254             | 354   |
| 3        | 238             | 246             | 352   |
| 4        | 267             | 232             | 386   |
| 5        | 224             | 213             | 846   |
| Mittel:  | 248,6           | 233             | 363   |

Lehm krümelig. Rel. Wasserkapazität: 60 %.

|         |       |       |     |
|---------|-------|-------|-----|
| 1       | 120   | 104   | 140 |
| 2       | 109   | 99    | 128 |
| 3       | 114   | 117   | 131 |
| 4       | 119   | 111   | 127 |
| 5       | 107   | 95    | 129 |
| Mittel: | 113,8 | 105,2 | 131 |

Lehm krümelig. Rel. Wasserkapazität: 40 %.

|         |      |    |   |
|---------|------|----|---|
| 1       | 90   | 67 | — |
| 2       | 87   | 58 | — |
| 3       | 101  | 63 | — |
| 4       | 74   | 78 | — |
| 5       | 69   | 49 | — |
| Mittel: | 84,2 | 62 | — |

c. Verschiedene Böden.

Kaolin. Rel. Wasserkapazität: 100 %.

|         |        |      |        |
|---------|--------|------|--------|
| 1       | 3317   | 2861 | 3893   |
| 2       | 3282   | 2697 | 3994   |
| 3       | 3370   | 2797 | 4013   |
| 4       | 3383   | 2675 | 4086   |
| 5       | 3385   | 2618 | 4001   |
| Mittel: | 3347,4 | 2729 | 3997,4 |

## Kaolin. Rel. Wasserkapazität: 80 %.

| Versuch. | Adhäsion in gr.  |                    |       |
|----------|------------------|--------------------|-------|
|          | Stahl<br>polirt. | Stahl<br>gerostet. | Holz. |
| 1        | 5261             | 3630               | 4935  |
| 2        | 5117             | 3508               | 4407  |
| 3        | 5301             | 3409               | 4271  |
| 4        | 5227             | 3609               | 4438  |
| 5        | 5158             | 3684               | 4359  |
| Mittel:  | 5212,8           | 3568               | 4362  |

## Kaolin. Rel. Wasserkapazität: 60 %.

|         |        |      |      |
|---------|--------|------|------|
| 1       | 3676   | 2394 | 1970 |
| 2       | 3711   | 2369 | 1960 |
| 3       | 3581   | 2301 | 1949 |
| 4       | 3509   | 2241 | 1901 |
| 5       | 3641   | 2300 | 1990 |
| Mittel: | 3623,6 | 2321 | 1954 |

 $\frac{2}{3}$  Vol. Kaolin +  $\frac{1}{3}$  Vol. Quarz. Rel. Wasserkapazität: 100 %.

|         |        |        |        |
|---------|--------|--------|--------|
| 1       | 2377   | 2112   | 2810   |
| 2       | 2337   | 2090   | 2686   |
| 3       | 2365   | 2072   | 2601   |
| 4       | 2397   | 2152   | 2823   |
| 5       | 2281   | 1992   | 2793   |
| Mittel: | 2351,4 | 2083,6 | 2742,6 |

 $\frac{1}{3}$  Vol. Kaolin +  $\frac{2}{3}$  Vol. Quarz. Rel. Wasserkapazität: 80 %.

|         |      |       |        |
|---------|------|-------|--------|
| 1       | 1741 | 688   | 1195   |
| 2       | 1683 | 699   | 1033   |
| 3       | 1763 | 687   | 1093   |
| 4       | 1785 | 602   | 1102   |
| 5       | 1893 | 660   | 1166   |
| Mittel: | 1773 | 666,2 | 1117,8 |

$\frac{1}{3}$  Vol. Kaolin +  $\frac{2}{3}$  Vol. Quarz. Rel. Wasserkapazität: 100 %.

| Versuch. | Adhäsion in gr.  |                    |        |
|----------|------------------|--------------------|--------|
|          | Stahl<br>polirt. | Stahl<br>gerostet. | Holz.  |
| 1        | 2204             | 1821               | 2150   |
| 2        | 2159             | 1858               | 2245   |
| 3        | 2127             | 1807               | 2147   |
| 4        | 2139             | 1881               | 2026   |
| 5        | 2124             | 1832               | 1968   |
| Mittel:  | 2150,6           | 1839,8             | 2107,2 |

Quarz.

|         |        |        |        |
|---------|--------|--------|--------|
| 1       | 1857   | 1784   | 1663   |
| 2       | 1949   | 1603   | 1627   |
| 3       | 1937   | 1729   | 1654   |
| 4       | 2066   | 1751   | 1663   |
| 5       | 1975   | 1702   | 1619   |
| Mittel: | 1956,8 | 1713,8 | 1653,2 |

$\frac{2}{3}$  Vol. Quarz +  $\frac{1}{3}$  Vol. Torf. Rel. Wasserkapazität: 100 %.

|         |        |        |        |
|---------|--------|--------|--------|
| 1       | 1866   | 1651   | 1557   |
| 2       | 1811   | 1687   | 1529   |
| 3       | 1885   | 1621   | 1589   |
| 4       | 1794   | 1697   | 1518   |
| 5       | 1837   | 1622   | 1605   |
| Mittel: | 1840,6 | 1655,6 | 1559,6 |

$\frac{1}{3}$  Vol. Quarz +  $\frac{2}{3}$  Vol. Torf. Rel. Wasserkapazität: 100 %.

|         |        |        |        |
|---------|--------|--------|--------|
| 1       | 1686   | 1549   | 1445   |
| 2       | 1591   | 1508   | 1471   |
| 3       | 1641   | 1580   | 1493   |
| 4       | 1691   | 1527   | 1408   |
| 5       | 1557   | 1514   | 1420   |
| Mittel: | 1633,2 | 1555,6 | 1449,4 |

Torf. Rel. Wasserkapazität: 100 %.

| Versuch. | Adhäsion in gr.  |                    |        |
|----------|------------------|--------------------|--------|
|          | Stahl<br>polirt. | Stahl<br>gerostet. | Holz.  |
| 1        | 1561             | 1402               | 1376   |
| 2        | 1456             | 1479               | 1321   |
| 3        | 1482             | 1392               | 1386   |
| 4        | 1403             | 1408               | 1356   |
| 5        | 1561             | 1431               | 1307   |
| Mittel:  | 1492,6           | 1422,4             | 1349,6 |

 $\frac{2}{3}$  Vol. Torf +  $\frac{1}{3}$  Vol. Kaolin. Rel. Wasserkapazität: 100 %.

|         |        |        |        |
|---------|--------|--------|--------|
| 1       | 1785   | 1598   | 1686   |
| 2       | 1951   | 1540   | 1910   |
| 3       | 1987   | 1647   | 1893   |
| 4       | 1863   | 1690   | 1873   |
| 5       | 1983   | 1592   | 1796   |
| Mittel: | 1913,8 | 1613,4 | 1831,6 |

 $\frac{2}{3}$  Vol. Torf +  $\frac{1}{3}$  Vol. Kaolin. Rel. Wasserkapazität: 80 %.

|         |       |      |   |
|---------|-------|------|---|
| 1       | 104   | 91   | — |
| 2       | 120   | 58   | — |
| 3       | 117   | 67   | — |
| 4       | 127   | 69   | — |
| 5       | 115   | 72   | — |
| Mittel: | 116,6 | 75,4 | — |

 $\frac{1}{3}$  Vol. Torf +  $\frac{2}{3}$  Vol. Kaolin. Rel. Wasserkapazität: 100 %.

|         |        |        |      |
|---------|--------|--------|------|
| 1       | 1974   | 1707   | 2420 |
| 2       | 2016   | 1837   | 2203 |
| 3       | 2051   | 1807   | 2366 |
| 4       | 2177   | 1869   | 2344 |
| 5       | 2124   | 1758   | 2302 |
| Mittel: | 2068,4 | 1759,6 | 2327 |



$\frac{1}{3}$  Vol. Torf +  $\frac{2}{3}$  Vol. Kaolin. Rel. Wasserkapazität: 80 %.

| Versuch. | Adhäsion in gr.  |                    |        |
|----------|------------------|--------------------|--------|
|          | Stahl<br>polirt. | Stahl<br>gerostet. | Holz   |
| 1        | 2256             | 2185               | 2527   |
| 2        | 2248             | 2116               | 2487   |
| 3        | 2218             | 2097               | 2571   |
| 4        | 2281             | 2056               | 2551   |
| 5        | 2271             | 2141               | 2507   |
| Mittel:  | 2254,8           | 2119               | 2528,6 |

$\frac{1}{3}$  Vol. Torf +  $\frac{2}{3}$  Vol. Kaolin. Rel. Wasserkapazität: 60 %.

|         |       |       |   |
|---------|-------|-------|---|
| 1       | 271   | 291   | — |
| 2       | 260   | 333   | — |
| 3       | 239   | 324   | — |
| 4       | 246   | 305   | — |
| 5       | 283   | 348   | — |
| Mittel: | 259,8 | 320,2 | — |

*d. Thon mit Kalt-Kalkzusatz.*

Kaolin. Rel. Wasserkapazität: 100 %.

|         |        |      |        |
|---------|--------|------|--------|
| 1       | 3317   | 2861 | 3893   |
| 2       | 3282   | 2697 | 3994   |
| 3       | 3370   | 2797 | 4013   |
| 4       | 3383   | 2675 | 4086   |
| 5       | 3385   | 2618 | 4001   |
| Mittel: | 3347,4 | 2729 | 3997,4 |

Kaolin. Rel. Wasserkapazität: 80 %.

|         |        |      |      |
|---------|--------|------|------|
| 1       | 5261   | 3630 | 4335 |
| 2       | 5117   | 3508 | 4407 |
| 3       | 5301   | 3409 | 4271 |
| 4       | 5227   | 3609 | 4438 |
| 5       | 5158   | 3684 | 4359 |
| Mittel: | 5212,8 | 3568 | 4362 |

## Kaolin. Rel. Wasserkapazität: 60%.

| Versuch. | Adhäsion in gr.  |                    |       |
|----------|------------------|--------------------|-------|
|          | Stahl<br>polirt. | Stahl<br>gerostet. | Holz. |
| 1        | 3676             | 2394               | 1970  |
| 2        | 3711             | 2369               | 1960  |
| 3        | 3581             | 2301               | 1949  |
| 4        | 3509             | 2241               | 1901  |
| 5        | 3641             | 2300               | 1990  |
| Mittel:  | 3623,6           | 2321               | 1954  |

## Kaolin + 1% Kalihydrat. Rel. Wasserkapazität: 100%.

|         |      |      |        |
|---------|------|------|--------|
| 1       | 3946 | 3224 | 4645   |
| 2       | 4001 | 3270 | 4608   |
| 3       | 4084 | 3322 | 4568   |
| 4       | 3983 | 3198 | 4583   |
| 5       | 3966 | 3386 | 4676   |
| Mittel: | 3986 | 3280 | 4614,6 |

## Kaolin + 1% Kalihydrat. Rel. Wasserkapazität: 80%.

|         |      |      |        |
|---------|------|------|--------|
| 1       | 5776 | 3794 | 5085   |
| 2       | 5636 | 3890 | 5271   |
| 3       | 5995 | 3950 | 5154   |
| 4       | 5889 | 3891 | 5207   |
| 5       | 5809 | 3990 | 5221   |
| Mittel: | 5821 | 3908 | 5187,6 |

## Kaolin + 1% Aetzkalk. Rel. Wasserkapazität: 100%.

|         |        |        |      |
|---------|--------|--------|------|
| 1       | 3341   | 2854   | 4158 |
| 2       | 3379   | 2719   | 4179 |
| 3       | 3441   | 2809   | 4209 |
| 4       | 3467   | 2880   | 4226 |
| 5       | 3389   | 2789   | 4118 |
| Mittel: | 3403,4 | 2800,2 | 4178 |

**Kaolin + 1% Aetzkalk. Rel. Wasserkapazität: 80%.**

| Versuch. | Adhäsion in gr. |                 |        |
|----------|-----------------|-----------------|--------|
|          | Stahl polirt.   | Stahl gerostet. | Holz.  |
| 1        | 5341            | 3879            | 4495   |
| 2        | 5286            | 3709            | 4407   |
| 3        | 5257            | 3851            | 4509   |
| 4        | 5386            | 3748            | 4358   |
| 5        | 5129            | 3684            | 4390   |
| Mittel:  | 5279,8          | 3774,2          | 4431,8 |

**Kaolin + 1% Aetzkalk. Rel. Wasserkapazität: 60%.**

|         |        |        |      |
|---------|--------|--------|------|
| 1       | 4226   | 2619   | 2404 |
| 2       | 4156   | 2700   | 2447 |
| 3       | 4186   | 2657   | 2456 |
| 4       | 4126   | 2697   | 2500 |
| 5       | 4207   | 2541   | 2403 |
| Mittel: | 4180,2 | 2642,8 | 2442 |

**Zusammenstellung der Resultate.**

**Quarzsand.**

**100% Wasserkapazität.**

|                         | I.     | II.    | III.   | IV.   | V. | VI. | VII. | I-VII. |
|-------------------------|--------|--------|--------|-------|----|-----|------|--------|
| Stahl, polirt . . . . . | 1956,8 | 1716,8 | 1450,2 | 727,0 | 0  | 0   | 0    | 268    |
| „ gerostet . . . . .    | 1713,8 | 1267,6 | 974,0  | 570,0 | 0  | 0   | 0    | 253,6  |
| Holz . . . . .          | 1653,2 | 969,0  | 614,6  | 292,4 | 0  | 0   | 0    | 110,8  |

**Kalksand.**

|                         | I. Wasserkap. 100%. | I. Wasserkap. 80%. | II. Wasserkap. 100%. | II. Wasserkap. 80%. | III. Wasserkap. 100%. | IV. Wasserkap. 100%. | I.-IV. Wasserkap. 100%. |
|-------------------------|---------------------|--------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------|
| Stahl, polirt . . . . . | 1964,2              | 514,2              | 1675,6               | 438,2               | 1327,8                | 736,2                | 1588,0                  |
| „ gerostet . . . . .    | 1801,4              | 257,8              | 1166,2               | 239,2               | 993,8                 | 669,4                | 1173,0                  |
| Holz . . . . .          | 1833,4              | 0                  | 1317,8               | 0                   | 1054,0                | 470,0                | 925,6                   |

## Lehm, pulverförmig und krümelig.

|                     | 100% Wasserkapazität. |       | 80% Wasserkapazität. |       | 60% Wasserkapazität. |       | 40% Wasserkapazität. |       |
|---------------------|-----------------------|-------|----------------------|-------|----------------------|-------|----------------------|-------|
|                     | pulv.                 | krüm. | pulv.                | krüm. | pulv.                | krüm. | pulv.                | krüm. |
| Stahl, polirt . . . | 1328,0                | 132,6 | 1488,8               | 248,6 | 770,4                | 113,8 | 448,0                | 84,2  |
| „ gerostet . . .    | 1271,6                | 134,2 | 1362,4               | 233,0 | 557,4                | 105,2 | 257,2                | 62,0  |
| Holz . . . . .      | 1429,0                | 170,8 | 1652,2               | 363,0 | 936,8                | 131,0 | 0                    | 0     |

## Verschiedene Böden.

## 100% Wasserkapazität.

|               | Kaolin. | $\frac{1}{2}$ v. Kaolin. |                          | Quarz. | $\frac{1}{2}$ v. Quarz. |                          | Torf.  | $\frac{1}{2}$ v. Torf. |        |
|---------------|---------|--------------------------|--------------------------|--------|-------------------------|--------------------------|--------|------------------------|--------|
|               |         | $\frac{1}{2}$ v. Quarz.  | $\frac{1}{2}$ v. Kaolin. |        | $\frac{1}{2}$ v. Torf.  | $\frac{1}{2}$ v. Kaolin. |        |                        |        |
| Stahl, polirt | 3347,4  | 2351,4                   | 2150,6                   | 1956,8 | 1840,6                  | 1633,2                   | 1492,6 | 1913,8                 | 2068,4 |
| „ gerostet    | 2729,0  | 2088,6                   | 1839,8                   | 1713,8 | 1655,6                  | 1555,6                   | 1422,4 | 1613,4                 | 1759,6 |
| Holz          | 3997,0  | 2742,6                   | 2107,2                   | 1653,2 | 1559,6                  | 1449,4                   | 1349,6 | 1831,6                 | 2327,0 |

## 80% Wasserkapazität.

|               |        |        |   |   |   |   |   |       |        |
|---------------|--------|--------|---|---|---|---|---|-------|--------|
| Stahl, polirt | 5212,8 | 1773,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 116,6 | 2254,8 |
| „ gerostet    | 3568,0 | 662,2  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 75,4  | 2119,0 |
| Holz          | 4862,0 | 1117,8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0     | 2528,6 |

## 60% Wasserkapazität.

|               |        |   |   |   |   |   |   |   |       |
|---------------|--------|---|---|---|---|---|---|---|-------|
| Stahl, polirt | 3623,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 259,8 |
| „ gerostet    | 2321,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 320,2 |
| Holz          | 1954,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0     |

## Kaolin mit Kali- und Kalkzusatz.

|               | 100% Wasserkapazität. |                      |                    | 80% Wasserkapazität. |                      |                    | 60% Wasserkapazität. |                      |                    |
|---------------|-----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|--------------------|
|               | Kaolin rein.          | Kaolin + Kalihydrat. | Kaolin + Aetzkalk. | Kaolin rein.         | Kaolin + Kalihydrat. | Kaolin + Aetzkalk. | Kaolin rein.         | Kaolin + Kalihydrat. | Kaolin + Aetzkalk. |
| Stahl, polirt | 3347,4                | 3986,0               | 3403,4             | 5212,8               | 5821,0               | 5279,8             | 3623,6               | 0                    | 4180,2             |
| „ gerostet    | 2729,0                | 3280,0               | 2800,2             | 3568,0               | 3903,0               | 3774,2             | 2321,0               | 0                    | 2642,8             |
| Holz          | 3997,4                | 4614,6               | 4178,0             | 4362,0               | 5187,6               | 4431,8             | 1954,0               | 0                    | 2442,0             |

Die mitgetheilten Zahlen vermitteln folgende Thatsachen:

1. Bei den sandigen Bodenarten (Kalk und Quarzsand) ist die Adhäsion derselben an Holz und Eisen um so größer, je feiner die Bodentheilchen sind. Das Gemisch verschiedener Kornsortimente steht in dieser Beziehung zwischen den Extremen.
2. Die Adhäsion der Ackererde an den Werkzeugen ist im pulverförmigen Zustande derselben beträchtlich größer als im krümeligen.
3. Von den verschiedenen Hauptbodengemengtheilen besitzt der Thon die größte Adhäsion an Holz und Eisen, der Humus die geringste, während der Quarz unter sonst gleichen Verhältnissen d. h. bei annähernd gleicher Größe der Bodenpartikel zwischen jenen beiden Bodenarten steht, sich im Uebrigen aber dem Torf ähnlich verhält. Hieraus folgt, daß das Anhaften des Bodens an den Ackerwerkzeugen um so stärker ist, je größer der Thongehalt, und um so schwächer, je größer die in dem Erdreich vorkommenden Quarz- und Humusmengen sind.
4. Der Einfluß des Wassers auf die Adhäsion unter den in Rede stehenden Bedingungen ist je nach der Beschaffenheit des Erdreichs ein verschiedener. Bei den sandigen Bodenarten nimmt die bezeichnete Kraft bis zur vollen Sättigung derselben zu. Bei den thonreichen Böden ist die Adhäsion an Holz und Eisen bei einem gewissen Wassergehalt am größten (80% Wasserkapazität), während dieselbe bei höherem oder niedrigerem Wassergehalt stetig abnimmt. Der Humus scheint sich in Bezug auf die Wirkungen der Feuchtigkeit dem Quarz analog zu verhalten.
5. Die Zufuhr von Aetzkalk zum Thon ist ohne bemerkbaren Einfluß auf die Adhäsion dieser Bodenart an den Ackerwerkzeugen. Dagegen scheint die Beimengung von Alkalien ein festeres Anhaften des Thons an den in Rede stehenden Materialien zu bewirken.

6. Die Adhäsion des Erdreiches an Holz ist bei allen thonreichen Böden größer, bei allen quarz- und humusreichen Böden dagegen geringer als jene an Stahl. Das Anhaften der Ackererde an gerostetem Stahl ist fast durchgängig niedriger als an polirtem Stahl und bei den thonreichen Böden auch geringer als jenes an Holz. Nur bei den quarzreichen Böden stellen sich die Werthe für die Adhäsion an gerostetem Stahl höher als an Holz.

Zur Erklärung der durch vorstehende Untersuchungen ermittelten Thatsachen ist zunächst der Umstand heranzuziehen, daß, abgesehen von Nebenumständen, die Adhäsion des Bodens an den Ackerwerkzeugen nothwendigerweise um so größer sein muß, je inniger die Berührung zwischen beiden Theilen ist. Aus diesem Grunde werden die Werthe für das Anhaften der Erde an Holz und Eisen um so höher ausfallen müssen, je feinkörniger der Boden ist und bei dem Thon, welcher aus den kleinsten Elementen zusammengesetzt ist, den höchsten Betrag erreichen. Das Verhalten letzterer Bodenart unter den hier vorliegenden Verhältnissen wird jedoch nicht allein auf die Größe der Bodenpartikel zurückzuführen sein, sondern auch der Plastizität, welche auf der kolloidalen Beschaffenheit eines Theils der Thonsubstanz beruht, zuzuschreiben sein.

Die bedeutende Abnahme der Adhäsion durch die Krümelung des Bodens ist ohne Zweifel darauf zurückzuführen, daß die Flächen an den Werkzeugen der Ackerinstrumente in diesem Zustande in eine weit weniger innige Berührung mit dem Boden treten als bei pulverförmiger Beschaffenheit, bei welcher die Bodenpartikel an den betreffenden Flächen in deren ganzer Ausdehnung anhaften.

Für den verschiedenen Einfluß des Wassers, je nach der Beschaffenheit des Bodens, spricht der Umstand, daß die thonreichen Bodenarten im gesättigten Zustande eine breiige und lose Masse bilden und daher eine leichte Verschiebung erfahren, wohingegen bei den sandigen Böden unter den gleichen Verhältnissen das Erdreich eine feste zusammenhängende Masse bildet, der Art, daß die Wirkungen eines höheren Wassergehaltes zum vollen Ausdruck gelangen können. Letztere bestehen darin, daß bei der Berührung zwischen den betreffenden Materialien und dem Boden

außer durch die Einhüllung der Bodenpartikel mit einer dünnen Wasserschichte noch dadurch das Anhaften der Erde befördert wird, daß sich zwischen den Bodentheilchen und an denselben adhärirende Wasserpartikel befinden, welche sich neben den feuchten Bodentheilchen an die Werkzeuge anlegen. Ueberhaupt kann der Boden nur dann an Holz und Eisen haften, wenn derselbe gewisse Feuchtigkeitsmengen enthält, da bei trockener Beschaffenheit desselben, wo die Bodenpartikel der Wasserhülle entbehren und sich zwischen denselben kein Tropfen flüssiges Wasser befindet, überhaupt keine Adhäsion eintreten kann. Der Wassergehalt ist somit das bedingende Moment für die Adhäsion der Ackererde an Holz und Eisen. Es wird daher ganz allgemein gesagt werden können, daß die Kraft, mit welcher der Boden an den Werkzeugen haftet, unter sonst gleichen Umständen um so größer ist, je größer seine Wasserkapazität und umgekehrt.

Die Erhöhung der Adhäsion des Thones an den Werkzeugen durch Zuführung von Alkalien läßt sich aus der durch letztere bewirkten engeren Aneinanderlagerung der Bodentheilchen, wie solche durch die Untersuchungen von *A. Mayer*<sup>1)</sup> und *E. W. Hilgard*<sup>2)</sup> nachgewiesen worden ist, erklären. Nach diesen hätte man außerdem erwarten sollen, daß die Beimischung von Aetzkalk die Adhäsion des Thones an den Holz- und Stahlplatten vermindern würde, weil letztere Substanz der Krümelung thonreicher Bodenarten Vorschub leistet. Daß dies nicht der Fall war, ist dem Umstande zuzuschreiben, daß bei der gewählten und nicht anders zu treffenden Versuchsanordnung, nämlich durch das Zusammenpressen des Bodens, die Krümelbildung verhindert wurde.

Die Thatsache, daß der Boden im Allgemeinen an Holz in stärkerem Maße adhärirte als an Eisen, beruht wahrscheinlich darauf, daß das Erdreich sich in die Vertiefungen auf der Oberfläche der Holzplatte einschiebt und daß dadurch die Berührungsfläche vergrößert wird. In Wirklichkeit mögen die betreffenden Unterschiede noch größer ausfallen als in vorliegenden Untersuchungen, weil die verwendete Holzplatte im Vergleich zu hölzernen in längerem Gebrauch befindlichen Werkzeugen

<sup>1)</sup> Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik. Bd. II. 1879. S. 251—273.

<sup>2)</sup> Ebenda. Bd. II. 1879. S. 441—454.

eine ziemlich glatte Oberfläche besaß. Wenn die sandigen Böden an Holz weniger adhärten als an polirtem Stahl, so kann dies nur darauf beruhen, daß bei diesen Versuchsmaterialien wegen des größeren Korndurchmessers das Einschieben der Bodenpartikel in die auf der Oberfläche der Holzplatte befindlichen Vertiefungen nicht erfolgen konnte. Die Ursache des eigenthümlichen Verhaltens des gerosteten Stahls ist aller Wahrscheinlichkeit nach in der Rauheit der Oberfläche desselben zu suchen, welche eine Verminderung der Berührungsfäche zwischen Boden und diesem Material bedingte.

In Rücksicht auf die Bedeutung der Adhäsion des Bodens an Holz und Eisen für die Bearbeitbarkeit des Bodens unter natürlichen Verhältnissen lassen die hier mitgetheilten Untersuchungen deutlich erkennen, daß jene Eigenschaft von ungleich geringerem Belang ist als die Eingangs dieser Abhandlung aufgeführten. Wird der Boden bei einem mittleren Wassergehalt bearbeitet, wie dies nach den Untersuchungen von *H. Puchner*<sup>1)</sup> über die Kohäszenz der Bodenarten im Hinblick auf die Herstellung der günstigsten Struktur des Erdreichs unbedingt nothwendig ist, so ist selbst bei den thonreichen Böden die Adhäsion verhältnißmäßig gering und sie ist bei Erden mit höherem Quarz- und Humusgehalt gleich Null.

Man gelangt auf solche Weise zu der Ueberzeugung, daß die Kohäszenz und vielleicht auch die Reibung in bezeichneter Richtung sich von maßgebendstem Einfluß erweisen. Ueber letztere Verhältnisse sollen die Darlegungen des nächsten Abschnittes nähere Auskunft geben.

## *II. Die Reibung der Bodenarten an Holz und Eisen.*

Bei Ausführung der Versuche über die Reibung der Bodenarten an Holz und Eisen boten sich insofern besondere technische Schwierigkeiten, als bei dem Fortgleiten der Platten über die Oberfläche des Erdreiches ungemein leicht Anhäufungen vor denselben sich bildeten, durch welche entweder die Bewegung eine ungleichförmige oder vollständig aufgehoben wurde. Aus diesem Grunde mußte überhaupt von der Bestimmung des Reibungskoeffizienten der Ruhe Abstand genommen werden. Derselbe wird bekanntlich am einfachsten in der Weise festgestellt, daß man auf einer schiefen Ebene, aus der betreffenden Bodenart hergestellt, eine Holz- oder Metallplatte herabgleiten läßt und den

<sup>1)</sup> Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik. Bd. XII. 1889. S. 195—241.



Winkel mißt, den die schiefe Ebene mit der Horizontalen bei Beginn der Bewegung bildet. Der Reibungskoeffizient ist dann gleich der Tangente des Reibungswinkels. Solche Versuche ließen sich indessen nicht ausführen wegen des geschilderten Verhaltens der Böden. Ich mußte mich daher begnügen, den Reibungskoeffizienten der Bewegung zu eruiren. Da dieser in praktischer Hinsicht betreffs Beurtheilung der Bearbeitbarkeit der Ackererde von maßgebendstem Belang ist, so dürfte die durch Unterlassung der Bestimmungen in ersterer Richtung bedingte Unvollständigkeit vorliegender Untersuchungen von untergeordnetem Belang sein.

Der Apparat (siehe Tafel II), dessen ich mich bei Bestimmung des Reibungskoeffizienten der Bewegung bediente, war folgendermaßen konstruirt. Auf einem auf Füßen ruhenden, aus Holz gefertigten starken Gestell befindet sich ein Zinkkasten A mit durchlöcherter Boden von einem Meter Länge, 11,5 cm Breite und 2 cm Tiefe. Derselbe ist vollständig horizontal gestellt und mit der betreffenden Bodenart, bei 1 cm Höhe der Mächtigkeit, gefüllt.

Bei Ausführung der Versuche wird an dem einen Ende des Zinkkastens ein Holz- oder aus polirtem resp. gerostetem Stahl gefertigter Schlitten B auf die mittelst eines Brettes vollständig geebnete Bodenoberfläche gestellt. Die Schlitten von 100 □cm Größe und von quadratischer Gestalt sind an der nach der Fortbewegungsrichtung gelegenen Seite aufgebogen, um das Zusammenschieben des Erdreiches zu verhindern, und in der Mitte mit zwei senkrecht stehenden Metallstäben versehen. An letzteren sind mittelst lose umliegender Metallringe zwei Schnüre befestigt, welche über die beiden Führungsrollen C gelegt sind und an ihren Enden die Metallschalen D, welche von gleichem Gewicht sind, tragen. Zur Feststellung des Reibungskoeffizienten wird die dem Schlitten gegenüber befindliche Metallschale so lange mit Schrot belastet, bis erstere in Bewegung kommt und sich über die Bodenoberfläche gleichmäßig fortbewegt. Der Weg beträgt in allen Versuchen 0,9 m; die Zeit wird mittelst einer Sekundenuhr gemessen.

Da die Reibung von dem Druck senkrecht gegen die Unterlage abhängig ist, wurde behufs Vergleichbarkeit der gewonnenen Daten in allen Versuchen den Platten das gleiche Gewicht (614 gr) gegeben.

Die Bodenarten wurden sowohl im trockenen als im feuchten Zustande verwendet und zwar in folgender Weise. Die mit dem Boden

gleichmäßig gefüllten Gefäße (A) wurden auf eine Wasseroberfläche gestellt, bis der Boden kapillar mit Wasser gesättigt war.

In diesem Feuchtigkeitszustande ließen sich die Versuche nicht ausführen, weil der Boden bei dem Hingleiten der Schlitten die mannigfachsten Veränderungen erfuhr. Es wurden daher die Gefäße, nachdem sie von der Wasseroberfläche entfernt worden waren, zum Abtrocknen des Bodens aufgestellt. Während der Abtrocknung wurden die bei einigen Bodenarten auftretenden Risse mit Hilfe einer Glasplatte beseitigt und dabei für eine vollständige Ebnung der Oberfläche Sorge getragen. Sobald ein mittlerer Feuchtigkeitszustand eingetreten war, wurden die Reibungsversuche vorgenommen. Alsdann wurden die Gefäße zu weiterer Abtrocknung des Erdreiches aufgestellt, bis die Oberfläche vollständig trocken war, worauf eine neue Reihe von Versuchen zur Ausführung gebracht wurde.

Die Koeffizienten für die Reibung der Bewegung lassen sich mit Hilfe der Zeit  $t$  berechnen, welche der Schlitten braucht, um den Weg  $s$  zu durchlaufen. Bezeichnet man die unter vorliegenden Verhältnissen entstehende gleichförmige Beschleunigung der Bewegung mit  $c$ , so ist der zurückgelegte Weg:

$$1) s = \frac{1}{2} ct^2.$$

Die bewegende Kraft ist gleich dem Gewichte  $P$ , welches zum Fortziehen des Schlittens nothwendig ist, vermindert um die Reibung des horizontal fortgezogenen Gewichts  $G$  des Schlittens. Die Reibung selbst, welche bekanntlich dem Gewichte proportional ist, ist  $= \varphi \cdot G$ . Demnach ist die bewegende Kraft  $= P - \varphi \cdot G$ . Die bewegte Masse ist gleich  $\frac{P + G}{g}$ , worin  $g$  die Acceleration der Schwere (9,81 M.)

bedeutet. Nun ist stets Beschleunigung gleich  $\frac{\text{Kraft}}{\text{Masse}}$  und demnach

$$2) c = \frac{P - \varphi G}{\left(\frac{P + G}{g}\right)}$$

Aus 1 und 2 folgt:

$$\frac{2s}{t^2} = c = \frac{(P - \varphi G) \cdot g}{P + G}$$

$$\frac{(P + G) \cdot 2s}{gt^2} = P - \varphi \cdot G$$

$$\varphi = \frac{P}{G} - \frac{P + G}{G} \cdot \frac{2s}{gt^2}.$$

Nach dieser Formel wurden die in der nachstehenden Tabelle übersichtlich zusammengestellten Reibungskoeffizienten<sup>1)</sup> berechnet.

**a. Verschiedene Feinheit der Bodenthellen.**

Quarzsand I: 0,010—0,071 mm.

| Beschaffenheit<br>des<br>Materials. | Feucht.  |    |                          |         | Trocken. |    |                          |         |
|-------------------------------------|----------|----|--------------------------|---------|----------|----|--------------------------|---------|
|                                     | P.<br>gr | t. | Reibungs-<br>koeffizient |         | P.<br>gr | t. | Reibungs-<br>koeffizient |         |
|                                     |          |    | einzeln.                 | Mittel. |          |    | einzeln.                 | Mittel. |
| Stahl, polirt . . . . .             | 560      | 2  | 0,826                    | 0,825   | 277      | 2  | 0,386                    | 0,383   |
|                                     | 529      | 3  | 0,824                    |         | 251      | 3  | 0,380                    |         |
| Stahl, gerostet . . . . .           | 538      | 2  | 0,792                    | 0,793   | 386      | 2  | 0,546                    | 0,548   |
|                                     | 510      | 3  | 0,794                    |         | 357      | 3  | 0,550                    |         |
| Holz . . . . .                      | 550      | 2  | 0,810                    | 0,812   | 408      | 2  | 0,590                    | 0,586   |
|                                     | 523      | 3  | 0,814                    |         | 378      | 3  | 0,582                    |         |

Quarzsand II: 0,071—0,114 mm.

|                           |     |   |       |        |     |   |       |        |
|---------------------------|-----|---|-------|--------|-----|---|-------|--------|
| Stahl, polirt . . . . .   | 346 | 2 | 0,493 | 0,4950 | 295 | 2 | 0,414 | 0,4125 |
|                           | 324 | 3 | 0,497 |        | 269 | 3 | 0,411 |        |
| Stahl, gerostet . . . . . | 465 | 2 | 0,678 | 0,6745 | 420 | 2 | 0,609 | 0,6065 |
|                           | 443 | 3 | 0,671 |        | 391 | 3 | 0,604 |        |
| Holz . . . . .            | 505 | 2 | 0,762 | 0,7550 | 438 | 2 | 0,637 | 0,6340 |
|                           | 487 | 3 | 0,758 |        | 410 | 3 | 0,631 |        |

Quarzsand III: 0,114—0,171 mm.

|                           |     |   |       |        |     |   |       |        |
|---------------------------|-----|---|-------|--------|-----|---|-------|--------|
| Stahl, polirt . . . . .   | 340 | 2 | 0,484 | 0,4840 | 301 | 2 | 0,423 | 0,4220 |
|                           | 316 | 3 | 0,484 |        | 283 | 3 | 0,421 |        |
| Stahl, gerostet . . . . . | 460 | 2 | 0,671 | 0,6715 | 432 | 2 | 0,627 | 0,6240 |
|                           | 434 | 3 | 0,672 |        | 402 | 3 | 0,621 |        |
| Holz . . . . .            | 480 | 2 | 0,701 | 0,7005 | 447 | 2 | 0,651 | 0,6450 |
|                           | 451 | 3 | 0,700 |        | 419 | 3 | 0,649 |        |

Quarzsand IV: 0,171—0,250 mm.

|                           |     |   |       |        |     |   |       |        |
|---------------------------|-----|---|-------|--------|-----|---|-------|--------|
| Stahl, polirt . . . . .   | 316 | 2 | 0,445 | 0,4445 | 310 | 2 | 0,437 | 0,4335 |
|                           | 291 | 3 | 0,444 |        | 282 | 3 | 0,430 |        |
| Stahl, gerostet . . . . . | 435 | 2 | 0,633 | 0,6350 | 434 | 2 | 0,630 | 0,6290 |
|                           | 402 | 4 | 0,637 |        | 406 | 3 | 0,628 |        |
| Holz . . . . .            | 432 | 3 | 0,669 | 0,6710 | 458 | 2 | 0,667 | 0,6655 |
|                           | 425 | 4 | 0,673 |        | 428 | 3 | 0,664 |        |

<sup>1)</sup> Bei den Kornsortimenten V—VII des Quarzsandes ließen sich die Versuche im trockenen Zustande wegen Zusammenhäufens des Materials vor dem Schlitten nicht ausführen.

## Quarzsand V: 0,250—0,500 mm.

| Beschaffenheit<br>des<br>Materials. | Feucht.  |    |                          |         | Trocken. |    |                          |         |
|-------------------------------------|----------|----|--------------------------|---------|----------|----|--------------------------|---------|
|                                     | P.<br>gr | t. | Reibungs-<br>koeffizient |         | P.<br>gr | t. | Reibungs-<br>koeffizient |         |
|                                     |          |    | einzeln.                 | Mittel. |          |    | einzeln.                 | Mittel. |
| Stahl, polirt . . . . .             | 257      | 2  | 0,354                    | 0,3540  | —        | —  | —                        | —       |
|                                     | 240      | 3  | 0,354                    |         | —        | —  | —                        | —       |
| Stahl, gerostet . . . . .           | 407      | 2  | 0,598                    | 0,5965  | —        | —  | —                        | —       |
|                                     | 385      | 3  | 0,595                    |         | —        | —  | —                        | —       |
| Holz . . . . .                      | 493      | 2  | 0,603                    | 0,6020  | —        | —  | —                        | —       |
|                                     | 380      | 4  | 0,601                    |         | —        | —  | —                        | —       |

## Quarzsand VI: 0,500—1,000 mm.

|                           |     |   |       |        |   |   |   |   |
|---------------------------|-----|---|-------|--------|---|---|---|---|
| Stahl, polirt . . . . .   | 246 | 2 | 0,349 | 0,3475 | — | — | — | — |
|                           | 230 | 3 | 0,346 |        | — | — | — | — |
| Stahl, gerostet . . . . . | 361 | 2 | 0,532 | 0,5320 | — | — | — | — |
|                           | 340 | 3 | 0,532 |        | — | — | — | — |
| Holz . . . . .            | 396 | 2 | 0,561 | 0,5650 | — | — | — | — |
|                           | 366 | 4 | 0,569 |        | — | — | — | — |

## Quarzsand VII: 1,000—2,000 mm.

|                           |     |   |       |        |   |   |   |   |
|---------------------------|-----|---|-------|--------|---|---|---|---|
| Stahl, polirt . . . . .   | 230 | 2 | 0,328 | 0,3295 | — | — | — | — |
|                           | 220 | 3 | 0,331 |        | — | — | — | — |
| Stahl, gerostet . . . . . | 377 | 2 | 0,450 | 0,4447 | — | — | — | — |
|                           | 345 | 4 | 0,444 |        | — | — | — | — |
| Holz . . . . .            | 361 | 3 | 0,556 | 0,5575 | — | — | — | — |
|                           | 394 | 4 | 0,559 |        | — | — | — | — |

## Quarzsand I—VII: 0,010—2,000.

|                           |     |   |       |        |     |   |       |        |
|---------------------------|-----|---|-------|--------|-----|---|-------|--------|
| Stahl, polirt . . . . .   | 365 | 2 | 0,523 | 0,5260 | 317 | 2 | 0,446 | 0,4445 |
|                           | 344 | 3 | 0,529 |        | 290 | 3 | 0,443 |        |
| Stahl, gerostet . . . . . | 380 | 2 | 0,558 | 0,5585 | 330 | 2 | 0,468 | 0,4710 |
|                           | 348 | 4 | 0,559 |        | 310 | 3 | 0,474 |        |
| Holz . . . . .            | 392 | 3 | 0,606 | 0,6035 | 365 | 2 | 0,523 | 0,5205 |
|                           | 380 | 4 | 0,601 |        | 337 | 3 | 0,518 |        |

## Kalksand I: 0,010—0,071 mm.

|                           |     |   |       |        |     |   |       |        |
|---------------------------|-----|---|-------|--------|-----|---|-------|--------|
| Stahl, polirt . . . . .   | 504 | 2 | 0,739 | 0,7395 | 255 | 2 | 0,347 | 0,3495 |
|                           | 476 | 3 | 0,740 |        | 233 | 3 | 0,352 |        |
| Stahl, gerostet . . . . . | 530 | 2 | 0,778 | 0,7765 | 314 | 2 | 0,444 | 0,4425 |
|                           | 498 | 3 | 0,775 |        | 289 | 3 | 0,441 |        |
| Holz . . . . .            | 550 | 2 | 0,810 | 0,8100 | 314 | 3 | 0,481 | 0,4800 |
|                           | 520 | 3 | 0,810 |        | 304 | 4 | 0,479 |        |

**Kalksand II: 0,071—0,114 mm.**

| Beschaffenheit<br>des<br>Materials. | Feucht.  |    |                          |         | Trocken. |    |                          |         |
|-------------------------------------|----------|----|--------------------------|---------|----------|----|--------------------------|---------|
|                                     | P.<br>gr | t. | Reibungs-<br>koeffizient |         | P.<br>gr | t. | Reibungs-<br>koeffizient |         |
|                                     |          |    | einzel.                  | Mittel. |          |    | einzel.                  | Mittel. |
| Stahl, polirt . . . . .             | 481      | 2  | 0,708                    | 0,7040  | 264      | 3  | 0,401                    | 0,3990  |
|                                     | 454      | 3  | 0,705                    |         | 258      | 4  | 0,397                    |         |
| Stahl, gerostet . . . . .           | 500      | 2  | 0,731                    | 0,7305  | 340      | 3  | 0,522                    | 0,5230  |
|                                     | 470      | 3  | 0,730                    |         | 332      | 4  | 0,524                    |         |
| Holz . . . . .                      | 586      | 2  | 0,782                    | 0,7830  | 351      | 3  | 0,540                    | 0,5420  |
|                                     | 505      | 3  | 0,784                    |         | 345      | 4  | 0,544                    |         |

**Kalksand III: 0,114—0,171.**

|                           |     |   |       |        |     |   |       |        |
|---------------------------|-----|---|-------|--------|-----|---|-------|--------|
| Stahl, polirt . . . . .   | 470 | 2 | 0,686 | 0,6850 | 310 | 2 | 0,487 | 0,4350 |
|                           | 441 | 3 | 0,684 |        | 284 | 3 | 0,433 |        |
| Stahl, gerostet . . . . . | 490 | 2 | 0,718 | 0,7205 | 348 | 3 | 0,535 | 0,5360 |
|                           | 450 | 4 | 0,723 |        | 340 | 4 | 0,537 |        |
| Holz . . . . .            | 500 | 2 | 0,730 | 0,7275 | 368 | 3 | 0,568 | 0,5675 |
|                           | 458 | 4 | 0,725 |        | 359 | 4 | 0,567 |        |

**Kalksand IV: 0,171—0,250 mm.**

|                           |     |   |       |        |     |   |       |        |
|---------------------------|-----|---|-------|--------|-----|---|-------|--------|
| Stahl, polirt . . . . .   | 340 | 3 | 0,522 | 0,5215 | 318 | 2 | 0,449 | 0,4465 |
|                           | 330 | 4 | 0,521 |        | 297 | 3 | 0,444 |        |
| Stahl, gerostet . . . . . | 398 | 2 | 0,630 | 0,6320 | 355 | 3 | 0,545 | 0,5440 |
|                           | 410 | 3 | 0,634 |        | 344 | 4 | 0,543 |        |
| Holz . . . . .            | 446 | 2 | 0,649 | 0,6460 | 398 | 2 | 0,574 | 0,5715 |
|                           | 406 | 4 | 0,643 |        | 360 | 4 | 0,569 |        |

**Kalksand I—IV: 0,010—0,250 mm.**

|                           |     |   |       |        |     |   |       |        |
|---------------------------|-----|---|-------|--------|-----|---|-------|--------|
| Stahl, polirt . . . . .   | 440 | 2 | 0,639 | 0,6345 | 278 | 2 | 0,387 | 0,3835 |
|                           | 407 | 3 | 0,630 |        | 251 | 3 | 0,380 |        |
| Stahl, gerostet . . . . . | 478 | 2 | 0,690 | 0,6940 | 343 | 2 | 0,488 | 0,4850 |
|                           | 450 | 3 | 0,696 |        | 315 | 3 | 0,482 |        |
| Holz . . . . .            | 488 | 2 | 0,714 | 0,7110 | 360 | 2 | 0,505 | 0,5075 |
|                           | 456 | 3 | 0,708 |        | 332 | 3 | 0,510 |        |

**b. Verschiedene Struktur.**

Lehm, pulverförmig.

|                           |     |   |       |        |     |   |       |        |
|---------------------------|-----|---|-------|--------|-----|---|-------|--------|
| Stahl, polirt . . . . .   | 372 | 2 | 0,533 | 0,5310 | 450 | 2 | 0,469 | 0,4700 |
|                           | 344 | 3 | 0,529 |        | 412 | 3 | 0,471 |        |
| Stahl, gerostet . . . . . | 470 | 2 | 0,686 | 0,6825 | 342 | 2 | 0,487 | 0,4840 |
|                           | 436 | 3 | 0,679 |        | 315 | 3 | 0,481 |        |
| Holz . . . . .            | 434 | 2 | 0,630 | 0,6280 | 355 | 2 | 0,507 | 0,5035 |
|                           | 405 | 3 | 0,626 |        | 326 | 3 | 0,500 |        |

## Lehm, krümelig.

| Beschaffenheit<br>des<br>Materials. | Feucht.  |    |                          |         | Trocken. |    |                          |         |
|-------------------------------------|----------|----|--------------------------|---------|----------|----|--------------------------|---------|
|                                     | P.<br>gr | t. | Reibungs-<br>koeffizient |         | P.<br>gr | t. | Reibungs-<br>koeffizient |         |
|                                     |          |    | einzel.                  | Mittel. |          |    | einzel.                  | Mittel. |
| Stahl, polirt . . . . .             | 335      | 2  | 0,474                    | 0,4715  | 260      | 2  | 0,359                    | 0,3565  |
|                                     | 306      | 3  | 0,469                    |         | 234      | 3  | 0,354                    |         |
| Stahl, gerostet . . . . .           | 429      | 2  | 0,624                    | 0,6210  | 400      | 2  | 0,577                    | 0,5750  |
|                                     | 430      | 3  | 0,618                    |         | 372      | 3  | 0,573                    |         |
| Holz . . . . .                      | 392      | 2  | 0,565                    | 0,5630  | 455      | 2  | 0,663                    | 0,6560  |
|                                     | 364      | 3  | 0,561                    |         | 419      | 3  | 0,649                    |         |

## c. Verschiedene Böden.

## Kaolin.

|                           |     |   |       |        |     |   |       |        |
|---------------------------|-----|---|-------|--------|-----|---|-------|--------|
| Stahl, polirt . . . . .   | 311 | 2 | 0,437 | 0,4335 | 240 | 2 | 0,330 | 0,3320 |
|                           | 282 | 3 | 0,430 |        | 222 | 3 | 0,334 |        |
| Stahl, gerostet . . . . . | 340 | 2 | 0,483 | 0,4790 | 293 | 2 | 0,411 | 0,4065 |
|                           | 312 | 3 | 0,475 |        | 267 | 3 | 0,406 |        |
| Holz . . . . .            | 370 | 2 | 0,530 | 0,5345 | 301 | 2 | 0,423 | 0,4195 |
|                           | 350 | 3 | 0,539 |        | 273 | 3 | 0,416 |        |

 $\frac{2}{3}$  Vol. Kaolin +  $\frac{1}{3}$  Vol. Torf.

|                           |     |   |       |        |     |   |       |        |
|---------------------------|-----|---|-------|--------|-----|---|-------|--------|
| Stahl, polirt . . . . .   | 319 | 2 | 0,461 | 0,4495 | 255 | 2 | 0,352 | 0,3495 |
|                           | 293 | 3 | 0,448 |        | 230 | 3 | 0,347 |        |
| Stahl, gerostet . . . . . | 365 | 2 | 0,523 | 0,5190 | 304 | 2 | 0,428 | 0,4255 |
|                           | 336 | 3 | 0,515 |        | 278 | 3 | 0,423 |        |
| Holz . . . . .            | 424 | 2 | 0,614 | 0,6125 | 312 | 2 | 0,441 | 0,4455 |
|                           | 397 | 3 | 0,611 |        | 294 | 3 | 0,450 |        |

 $\frac{1}{3}$  Vol. Kaolin +  $\frac{2}{3}$  Vol. Torf.

|                           |     |   |       |        |     |   |       |        |
|---------------------------|-----|---|-------|--------|-----|---|-------|--------|
| Stahl, polirt . . . . .   | 338 | 2 | 0,481 | 0,4850 | 273 | 2 | 0,379 | 0,3755 |
|                           | 319 | 3 | 0,489 |        | 246 | 3 | 0,372 |        |
| Stahl, gerostet . . . . . | 386 | 2 | 0,554 | 0,5545 | 311 | 2 | 0,439 | 0,4350 |
|                           | 360 | 3 | 0,555 |        | 283 | 3 | 0,431 |        |
| Holz . . . . .            | 465 | 2 | 0,678 | 0,6770 | 330 | 2 | 0,468 | 0,4665 |
|                           | 436 | 3 | 0,676 |        | 301 | 3 | 0,471 |        |

## Torf.

|                           |     |   |       |        |     |   |       |        |
|---------------------------|-----|---|-------|--------|-----|---|-------|--------|
| Stahl, polirt . . . . .   | 450 | 2 | 0,655 | 0,6545 | 282 | 2 | 0,394 | 0,3930 |
|                           | 422 | 3 | 0,654 |        | 258 | 3 | 0,392 |        |
| Stahl, gerostet . . . . . | 391 | 2 | 0,563 | 0,5640 | 325 | 2 | 0,462 | 0,4605 |
|                           | 364 | 3 | 0,565 |        | 300 | 3 | 0,459 |        |
| Holz . . . . .            | 360 | 2 | 0,515 | 0,5110 | 340 | 2 | 0,484 | 0,4810 |
|                           | 330 | 3 | 0,507 |        | 312 | 3 | 0,478 |        |

$\frac{2}{3}$  Vol. Torf +  $\frac{1}{3}$  Vol. Quarz.

| Beschaffenheit<br>des<br>Materials. | Feucht. |    |                          |         | Trocken. |    |                          |         |
|-------------------------------------|---------|----|--------------------------|---------|----------|----|--------------------------|---------|
|                                     | P.      | t. | Reibungs-<br>Koeffizient |         | P.       | t. | Reibungs-<br>Koeffizient |         |
|                                     |         |    | einzel.                  | Mittel. |          |    | einzel.                  | Mittel. |
|                                     | gr      |    |                          |         | gr       |    |                          |         |
| Stahl, polirt . . . . .             | 500     | 2  | 0,733                    | 0,7305  | 280      | 2  | 0,391                    | 0,3875  |
|                                     | 469     | 3  | 0,728                    |         | 254      | 3  | 0,384                    |         |
| Stahl, gerostet . . . . .           | 450     | 2  | 0,655                    | 0,6530  | 369      | 2  | 0,528                    | 0,5250  |
|                                     | 419     | 3  | 0,651                    |         | 340      | 3  | 0,522                    |         |
| Holz . . . . .                      | 415     | 2  | 0,600                    | 0,5975  | 385      | 2  | 0,554                    | 0,5505  |
|                                     | 383     | 3  | 0,595                    |         | 355      | 3  | 0,547                    |         |

$\frac{1}{3}$  Vol. Torf +  $\frac{2}{3}$  Vol. Quarz.

|                           |     |   |       |        |     |   |       |        |
|---------------------------|-----|---|-------|--------|-----|---|-------|--------|
| Stahl, polirt . . . . .   | 538 | 2 | 0,792 | 0,7930 | 256 | 2 | 0,353 | 0,3510 |
|                           | 510 | 3 | 0,794 |        | 231 | 3 | 0,349 |        |
| Stahl, gerostet . . . . . | 492 | 2 | 0,720 | 0,7175 | 377 | 2 | 0,538 | 0,5390 |
|                           | 460 | 3 | 0,715 |        | 351 | 3 | 0,540 |        |
| Holz . . . . .            | 462 | 2 | 0,675 | 0,6750 | 395 | 2 | 0,570 | 0,5690 |
|                           | 435 | 3 | 0,675 |        | 369 | 3 | 0,568 |        |

Quarz.

|                           |     |   |       |        |     |   |       |        |
|---------------------------|-----|---|-------|--------|-----|---|-------|--------|
| Stahl, polirt . . . . .   | 560 | 2 | 0,826 | 0,8250 | 277 | 2 | 0,386 | 0,3830 |
|                           | 529 | 3 | 0,824 |        | 251 | 3 | 0,380 |        |
| Stahl, gerostet . . . . . | 538 | 2 | 0,792 | 0,7930 | 366 | 2 | 0,546 | 0,5480 |
|                           | 510 | 3 | 0,794 |        | 357 | 3 | 0,550 |        |
| Holz . . . . .            | 550 | 2 | 0,810 | 0,8120 | 408 | 2 | 0,590 | 0,5860 |
|                           | 523 | 3 | 0,814 |        | 378 | 3 | 0,582 |        |

$\frac{2}{3}$  Vol. Quarz +  $\frac{1}{3}$  Vol. Kaolin.

|                           |     |   |       |        |     |   |       |        |
|---------------------------|-----|---|-------|--------|-----|---|-------|--------|
| Stahl, polirt . . . . .   | 530 | 2 | 0,780 | 0,7780 | 262 | 2 | 0,364 | 0,3605 |
|                           | 500 | 3 | 0,776 |        | 236 | 3 | 0,357 |        |
| Stahl, gerostet . . . . . | 500 | 2 | 0,738 | 0,7315 | 352 | 2 | 0,503 | 0,5035 |
|                           | 470 | 3 | 0,730 |        | 328 | 3 | 0,504 |        |
| Holz . . . . .            | 520 | 2 | 0,763 | 0,7620 | 371 | 2 | 0,532 | 0,5290 |
|                           | 489 | 3 | 0,761 |        | 342 | 3 | 0,526 |        |

$\frac{1}{3}$  Vol. Quarz +  $\frac{2}{3}$  Vol. Kaolin.

|                           |     |   |       |        |     |   |       |        |
|---------------------------|-----|---|-------|--------|-----|---|-------|--------|
| Stahl, polirt . . . . .   | 417 | 2 | 0,604 | 0,6025 | 249 | 2 | 0,342 | 0,3405 |
|                           | 389 | 3 | 0,601 |        | 225 | 3 | 0,339 |        |
| Stahl, gerostet . . . . . | 403 | 2 | 0,582 | 0,5830 | 330 | 2 | 0,468 | 0,4660 |
|                           | 380 | 3 | 0,584 |        | 303 | 3 | 0,464 |        |
| Holz . . . . .            | 441 | 2 | 0,631 | 0,6325 | 342 | 2 | 0,487 | 0,4850 |
|                           | 410 | 3 | 0,634 |        | 315 | 3 | 0,483 |        |

*Zusammenstellung der Resultate.*

## Quarzsand.

| Beschaffenheit des Materials. | Feucht |        |        |        |        |        |        | Trocken. |       |        |        |        |        |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|-------|--------|--------|--------|--------|
|                               | I.     | II.    | III.   | IV.    | V.     | VI.    | VII.   | I-VII.   | I.    | II.    | III.   | IV.    | I-IV.  |
| Stahl, polirt.                | 0,826  | 0,4950 | 0,4840 | 0,4445 | 0,3540 | 0,3475 | 0,3295 | 0,5260   | 0,388 | 0,4125 | 0,4220 | 0,4835 | 0,4445 |
| „ gerostet                    | 0,798  | 0,6745 | 0,6715 | 0,6350 | 0,5965 | 0,5320 | 0,4447 | 0,5585   | 0,548 | 0,6065 | 0,6240 | 0,6290 | 0,4710 |
| Holz . . .                    | 0,812  | 0,7750 | 0,7005 | 0,6710 | 0,6020 | 0,5650 | 0,5575 | 0,6085   | 0,588 | 0,6340 | 0,6450 | 0,6655 | 0,5203 |

## Kalksand.

| Beschaffenheit des Materials. | Feucht. |        |        |        |        | Trocken. |        |        |        |        |
|-------------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|--------|
|                               | I.      | II.    | III.   | IV.    | I-IV.  | I.       | II.    | III.   | IV.    | I-IV.  |
| Stahl, polirt .               | 0,7395  | 0,7040 | 0,6850 | 0,5215 | 0,6345 | 0,3495   | 0,3990 | 0,4350 | 0,4465 | 0,3835 |
| Stahl, gerostet               | 0,7765  | 0,7905 | 0,7205 | 0,6320 | 0,6940 | 0,4425   | 0,5230 | 0,5360 | 0,5440 | 0,4850 |
| Holz . . . . .                | 0,8100  | 0,7830 | 0,7275 | 0,6460 | 0,7110 | 0,4800   | 0,5420 | 0,5675 | 0,5715 | 0,5075 |

## Lehm.

| Beschaffenheit des Materials. | Feucht.       |           | Trocken.      |           |
|-------------------------------|---------------|-----------|---------------|-----------|
|                               | pulverförmig. | krümelig. | pulverförmig. | krümelig. |
| Stahl, polirt . . . . .       |               | 0,5310    | 0,4715        | 0,4700    |
| Stahl, gerostet . . . . .     |               | 0,6825    | 0,6210        | 0,4840    |
| Holz . . . . .                |               | 0,6280    | 0,5630        | 0,5035    |

| Beschaffenheit des Materials. | Feucht. |                                              |                                              |        |                                             |                                             |        |                                 |                                               |  |
|-------------------------------|---------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|--------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|--------|---------------------------------|-----------------------------------------------|--|
|                               | Kaolin. | $\frac{1}{2}$ Kaolin.<br>$\frac{1}{2}$ Torf. | $\frac{1}{2}$ Kaolin.<br>$\frac{1}{2}$ Torf. | Torf.  | $\frac{1}{2}$ Torf.<br>$\frac{1}{2}$ Quarz. | $\frac{1}{2}$ Torf.<br>$\frac{1}{2}$ Quarz. | Quarz. | Quarz.<br>$\frac{1}{2}$ Kaolin. | $\frac{1}{2}$ Quarz.<br>$\frac{1}{2}$ Kaolin. |  |
| Stahl, polirt .               | 0,4335  | 0,4495                                       | 0,4350                                       | 0,6545 | 0,7305                                      | 0,7930                                      | 0,8250 | 0,7780                          | 0,6025                                        |  |
| Stahl, gerostet               | 0,4790  | 0,5190                                       | 0,5545                                       | 0,5640 | 0,6530                                      | 0,7175                                      | 0,7930 | 0,7315                          | 0,5330                                        |  |
| Holz . . . . .                | 0,5345  | 0,6125                                       | 0,6770                                       | 0,5110 | 0,5975                                      | 0,6750                                      | 0,8120 | 0,7620                          | 0,6325                                        |  |

## Trocken.

|                 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Stahl, polirt . | 0,3320 | 0,3495 | 0,3755 | 0,3930 | 0,3875 | 0,3510 | 0,3830 | 0,3605 | 0,3405 |
| Stahl, gerostet | 0,4085 | 0,4255 | 0,4350 | 0,4605 | 0,5250 | 0,5390 | 0,5480 | 0,5035 | 0,4660 |
| Holz . . . . .  | 0,4195 | 0,4455 | 0,4695 | 0,4810 | 0,5505 | 0,5690 | 0,5860 | 0,5290 | 0,4850 |



Aus den mitgetheilten Zahlen ergibt sich:

1. daß der bei der mechanischen Bearbeitung des Bodens an den Ackerwerkzeugen entstehende Reibungswiderstand im feuchten Zustande des Bodens um so größer, im trockenen Zustande um so geringer ist, je feiner die Bodentheilchen bei sonst gleicher Beschaffenheit des Erdreichs sind, und daß derselbe bei einem Gemisch verschiedener Kornsortimente einen zwischen den Extremen stehenden mittleren Werth besitzt;
2. daß die Reibung der Ackererde an Holz und Eisen bei pulverförmiger Beschaffenheit größer ist als im krümeligen Zustande der Ackererde, wenn letztere feucht ist, während bei trockenem Materiale sich diese Verhältnisse umgekehrt gestalten;
3. daß der Reibungskoeffizient unter den vorliegenden Bedingungen bei dem Quarz- resp. Kalksand am größten, bei dem Thon am kleinsten ist, während derselbe bei dem Torf einen im Vergleich zu jenen Hauptbodengemengtheilen mittleren Werth annimmt, und daß daher die Reibung der Ackererde an den Werkzeugen mit dem Gehalt der letzteren an Quarz- und Kalksand zunimmt und in dem Maße eine Verminderung erfährt, als die Menge der thonigen Bestandtheile größer ist, ferner, daß bei Gemischen von Thon und Humus der Reibungswiderstand mit Vermehrung des letzteren Bestandtheils wächst, während derselbe bei Gemischen von Quarz und Humus eine der Menge des letzteren entsprechende Verminderung erleidet;
4. daß bei der Reibung der Ackererde an Holz und Eisen der Koeffizient um so niedriger ist, je geringer der Feuchtigkeitsgehalt des Bodens;
5. daß bei der Reibung des Bodens an Holz der hierbei entstehende Widerstand größer ist als in dem Falle, wo die Erde über eiserne Flächen hingleitet, und daß die letzteren im gerosteten Zustande einen beträchtlich höheren Reibungskoeffizienten bedingen als bei polirter Oberfläche.

Die Ursachen der in diesen Versuchen hervorgetretenen Gesetzmäßigkeiten dürften sich mangels Kenntniß der näheren Beschaffenheit der Bodenoberfläche nur schwer ausfindig machen lassen. Der Umstand, daß der Reibungskoeffizient bei allen Bodenarten mit dem Feuchtigkeitsgehalt derselben, und zwar meist in einem beträchtlichen Grade, zunahm, dürfte sich nur unter der Annahme erklären lassen, daß neben der von der Beschaffenheit der Oberfläche des Bodens und derjenigen der darüber fortgeführten Platten abhängigen Reibung auch die Wirkungen der Adhäsion sich geltend machen.

Für die Richtigkeit dieser Vermuthung scheinen mir besonders die bei den verschiedenen Kornsortimenten des Quarz- und Kalksandess ermittelten Werthe zu sprechen. Bei diesen Bodenarten war die Reibung im trockenen Zustande derselben um so größer, je größer die Bodentheilchen waren, während dieselbe bei feuchter Beschaffenheit des Materials mit der Feinheit der Bodenpartikel zunahm. Erstere Gesetzmäßigkeit dürfte sich dadurch erklären lassen, daß die Bodenoberfläche um so rauher ist, je größer das Korn, weil die Gestalt der Bodenelemente in demselben Sinne um so unregelmäßiger ist und um so mehr von der runden Gestalt abweicht. Wenn nun bei feuchter Beschaffenheit die Werthe für die Reibung in entgegengesetzter Richtung ausfallen, so muß dies insofern überraschen, als man a priori annehmen muß, daß mit steigender Wasserkapazität des Bodens, d. i. bei Zunahme der Feinheit der Bodentheilchen, die Glätte der Oberfläche und damit die Reibung eine stetige Verminderung erfahren werde. Da dies nicht der Fall ist, und im Gegentheil unter solchen Verhältnissen der Reibungswiderstand mit der Feinheit des Kornes wächst, so wird angenommen werden müssen, daß unter vorliegenden Verhältnissen die Adhäsion mitbedingend für die erhaltenen Resultate war. Letzterer Annahme könnte die Thatsache entgegengestellt werden, daß der Thon und die thonreichen Gemische einen höheren, und nicht, wie nachgewiesen, einen niedrigeren Reibungskoeffizienten hätten aufweisen müssen, weil nach den in Abschnitt I mitgetheilten Versuchsergebnissen die Adhäsion an Holz und Eisen viel stärker war als bei dem Sande. Wenn es nun auch wahrscheinlich ist, daß bei höheren als bei den hier angewendeten Feuchtigkeitsmengen die Resultate in dieser Weise ausgefallen wären, so ist dies doch bei mittlerem Feuchtigkeitsgehalt nicht der Fall, und es deutet dieser Um-

stand darauf hin, daß bei dem Thon im mäßig feuchten Zustande der Einfluß der Adhäsion gegenüber gewissen Eigenthümlichkeiten in der Beschaffenheit dieser Bodenart zurücktrat. Zu letzteren ist besonders die fettartige Beschaffenheit fraglichen Hauptbodengemengtheiles zu rechnen, welche, wenn derselbe trocken oder mäßig feucht ist, sich leicht durch das Gefühl bei dem Zerdrücken zwischen den Fingern wahrnehmen läßt, und welche bedingt, daß die Bodenoberfläche nach der Ebnung verhältnißmäßig sehr glatt erscheint.

In Rücksicht auf das Material der über den Boden fortgeführten Platten läßt sich erkennen, daß die Rauheit ihrer Flächen von maßgebendstem Einfluß unter sonst gleichen Verhältnissen für den Betrag der Reibung ist. Bei Anwendung von Holz, welches unter den benützten Materialien die rauheste Oberfläche besaß, stellte sich der Reibungskoeffizient am höchsten, dann folgte die gerostete Stahlplatte, während das polirte Metall, also dasjenige mit glattester Oberfläche, die geringste Reibung hervorrief.

Angesichts der bezüglichen, meist ziemlich beträchtlichen Unterschiede muß der Ersatz des Holzes durch Eisen bei der Konstruktion der Werkzeuge der Bodenbearbeitungs-Instrumente als ein Fortschritt betrachtet werden und das Poliren der betreffenden Theile und die Erhaltung derselben in diesem Zustande als ein großer Vortheil in praktischer Hinsicht erscheinen.



## Neue Litteratur.

**K. Singer.** Die Bodentemperaturen an der k. Sternwarte bei München und der Zusammenhang ihrer Schwankungen mit den Witterungsverhältnissen. Beobachtungen der meteor. Stationen im Königreich Bayern. Herausgegeben von C. Lang und J. Erk. Bd. XI. 1889.

Aus der vorliegenden umfangreichen Abhandlung interessiren an dieser Stelle besonders jene Ausführungen des Verf., welche sich auf die Schwankungen der Bodentemperatur von 1861 bis zum Herbste 1889 im Zusammenhang mit den Witterungsverhältnissen beziehen. Durch die andauernd niedrigen Stände der Bodenthermometer am Schlusse des ersten Lustrums seiner Beobachtungen an der k. Sternwarte bei München veranlaßt, hat bereits *Lamont* gerade den Schwankungen der Bodentemperatur sein besonderes Augenmerk zugewandt. Da seine Resultate zugleich eine Uebersicht der allgemeinen mitwirkenden Verhältnisse geben, ist es angezeigt, dieselben hier in Kürze zusammenzufassen:

1) Die zufälligen Schwankungen der Bodentemperatur haben ihren Hauptgrund darin, daß die Sonnenstrahlen einmal in größerer, ein andermal in geringerer Menge den Boden erreichen; aber auch die veränderliche Beschaffenheit der Bodenoberfläche, Vegetation im Sommer und Schnee im Winter, sind von großem Einfluß, desgleichen dürfte die Feuchtigkeit des Bodens, welche dessen Leitungsfähigkeit in merklichem Grade bedingt, in Betracht kommen.

2) Alle Ursachen, welche die Erwärmung des Bodens stören, haben übrigens das mit einander gemein, daß sie anfangs zunehmen, dann allmählich verschwinden und somit mehr oder weniger regelmäßige Temperaturwellen (positive oder negative) erzeugen, welche in den Boden eindringen und der Natur der Wellenbewegung zu Folge sich verflachen und ausbreiten, je weiter sie vordringen. In Folge dessen werden die Schwankungen mit der Tiefe an Größe abnehmen, an Dauer dagegen zunehmen.

3) Die Bewegungen aufwärts sind durchgängig kleiner als die Bewegungen abwärts, was voraussetzt, daß die Kältewellen von kürzerer Dauer sein müssen. In der That sind die Kältewellen nur als eine temporäre Unterbrechung des normalen Ganges zu betrachten.

Zur Uebersicht der Schwankungen der Bodentemperatur während der ganzen Beobachtungsperiode hat Verf. eine Tafel entworfen, aus welcher sich, außer einer Bestätigung der obigen allgemeinen Sätze *Lamont's*, von welchen der letzte Passus jedoch nur mit Reserve aufzunehmen ist, folgende Thatsachen ergeben: die Bodentemperaturen lagen während der Periode 1861—1889 dreimal längere Zeit dauernd und erbeblich über der normalen, zweimal wesentlich unter der normalen. Der Zusammenhang dieser großen Schwankungen mit den entsprechenden Schwankungen der Mittelwerthe der Lufttemperatur ist ein sehr einfacher: den positiven Abweichungen der Bodentemperaturen entsprechen fortgesetzt oder doch

nur kurz unterbrochene, zu warme Perioden, ebenso den negativen Abweichungen der Bodentemperatur zu kalte Jahrgänge.

In den einzelnen Perioden weichen die Mittelwerthe der entgegengesetzt ausschlagenden Monate nur wenig von dem normalen Temperaturmittel ab, so daß, wenn dies nothwendig erschiene, die einzelnen Perioden noch schärfer als durch das Häufigkeitsverhältniß der pro und contra sprechenden Monate wohl durch deren mittlere Temperaturabweichung charakterisirt werden könnte. Sobald man jedoch die Schwankungen der Luft- und Bodentemperatur in's Einzelne verfolgen will, stellen sich, wie schon von früheren Autoren bemerkt wurde, wesentliche Schwierigkeiten ein. Zur Erklärung der wechselseitigen Beziehungen zwischen Boden- und Luft-Temperaturanomalien ist es nöthig, die gesammten einschlägigen Witterungsverhältnisse beizuziehen. Zu einer vollständigen Untersuchung würden außer den uns bekannten Temperatur- und Niederschlagsverhältnissen des Beobachtungsortes erforderlich sein sowohl fortlaufende Angaben über Dauer und Intensität der Sonnenstrahlung und über die Temperaturen der Bodenoberfläche, als andererseits die Kenntniß der jeweiligen Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens und nicht minder der Dauer und Mächtigkeit der Schneedecke.

Bezüglich der Wirkung der Schneedecke für sich als einer isolirenden Hülle darf hier auf die Untersuchungen *Wollny's*<sup>1)</sup> u. A. und die betreffenden Abschnitte in *Woekof's*<sup>2)</sup> jüngst erschienener Abhandlung über die Schneedecke verwiesen werden, ebenso auf die Untersuchungen von *Wollny*<sup>3)</sup> über den Einfluß verschiedenen Wassergehalts des Bodens auf dessen Temperatur.

Im Folgenden hat Verf. versucht, von den Temperaturabweichungen der Luft in den einzelnen Jahreszeiten ausgehend, unter gleichzeitiger kurzer Skizze der weiteren Faktoren die Temperaturabweichungen des Bodens zu klassifiziren. Mit Umgehung der Anführung der betreffenden Daten mögen an dieser Stelle die wichtigsten Schlußfolgerungen mitgetheilt werden.

**Milder Winter.** In milden und zugleich niederschlagsreichen Wintermonaten tritt bei den Bodentemperaturen kein Ueberschuß und kein zunehmendes Ueberschreiten der normalen, eher und zumal in den größeren Tiefen ein stärkerer Rückgang derselben ein. Durch die beträchtliche Durchfeuchtung des Bodens wird dessen Wärmeleitfähigkeit zu einer Zeit erhöht, in welcher seine Temperatur gegen die Oberfläche hin rasch abnimmt und bis zu 10° über der Lufttemperatur liegt.

In einem zweiten, etwas weniger häufigen Falle sehen wir milde und dabei trockene Winter mit der Tendenz der Bodentemperaturen, die normale zu überschreiten, verknüpft. Besonders der milde Nachwinter erweist sich dann bei der größeren Strahlungsintensität von deutlicher hervortretender Wirkung.

**Kalter Winter.** Die ganze Reihe von kalten Wintern oder Wintermonaten wird vom Verf. nach drei Typen gruppirt: Nicht eben selten wechseln

<sup>1)</sup> *Wollny*, Der Einfluß der Pflanzendecke und Beschattung auf die physikalischen Eigenschaften des Bodens. Berlin. 1877. S. 24.

<sup>2)</sup> *Woekof*, Der Einfluß einer Schneedecke auf Boden, Klima und Wetter. Wien. 1889. Kap. I. — Diese Zeitschrift. Bd. XII. S. 454.

<sup>3)</sup> *Wollny*, Untersuchungen über den Einfluß des Wassers auf die Bodentemperatur. Diese Zeitschrift. Bd. IV. S. 147.

Thauwetter und Frost mit einander ab und drücken nur einige Perioden strengen Frostes die Temperaturmittel unter die normalen hinab. In allen diesen Fällen zeigen die Bodentemperaturen, soferne dieselben nicht schon erheblich tief sind, eine entschiedene Neigung zu sinken.

In dem gleichen Sinne bewegen sich die Bodentemperaturen, wenn auf einen milden und, wie dies in der Regel zutrifft, zugleich niederschlagsreichen Vorwinter strenger Frost folgt. Das Vorhandensein einer Schneedecke vermag die durchgreifende Erniedrigung der Bodentemperaturen dann nur wenig aufzuhalten. Der ausschlaggebende Einfluß der erhöhten Wärmeleitung des Bodens ist in beiden Fällen klar.

Die andauernd strengen Winter bilden eine dritte Gruppe. Da in diesen Fällen meist schon der Dezember eine bleibende Schneedecke bringt, ist die durchgängige Erscheinung, daß die relative Erniedrigung der Bodentemperaturen entweder auf die oberen Stufen beschränkt oder überhaupt belanglos bleibt, sowohl auf die schlecht leitende Hülle, als auf die geringere Durchfeuchtung des Bodens zurückzuführen.

*Warmes Frühjahr.* Es muß hier zunächst vorbemerkt werden, daß in den Frühjahrsmonaten April und Mai sich Luft- und Bodentemperaturen der verschiedenen Stufen am meisten nähern.

Im Allgemeinen läuft mit einem warmen Frühjahr, mit welchem ja in der Regel eine geringe Menge der atmosphärischen Niederschläge bei uns Hand in Hand geht, eine ausgesprochene relative Erhöhung der Bodentemperaturen parallel. Die dem Frühjahr eigenthümliche große Trockenheit der Luft und die davon abhängige Intensität der Sonnenstrahlung sind hier wohl von maßgebendem Einfluß.

Wir finden jedoch auch mehrfache Ausnahmen von diesem gleichartigen Verhalten der Luft- und Bodentemperaturen. Einzelne Monate in den Frühjahren 1866, 1876 und 1885 sind zu warm und zugleich niederschlagsreich, die Bodentemperaturen bleiben durchschnittlich ungeändert. Die Ursache hievon ist wohl in der erhöhten Wärmekapazität des feuchteren Bodens zu suchen. Eine andere, ebenso leicht zu erklärende Gruppe mit abweichendem Verhalten umfaßt jene Jahre, in welchen auf einen kalten und niederschlagsreichen Nachwinter fast unvermittelt warme Frühlingsmonate folgen. Es steigen dann wohl die Temperaturen der oberen Bodenschichten, während, wie dies das Beispiel von 1865 am besten zeigt, die Temperaturen in 12'—20' bzw. 3,6—6,0 m noch weiter unter ihren Normalstand gehen können.

*Kaltes Frühjahr.* Einem zu kalten Frühjahr entspricht mit sehr wenigen Ausnahmen bei den Bodentemperaturen bis zu größerer Tiefe eine merkliche Erniedrigung bzw. ein Bleiben unter normalem Stande. Stets waren es einige kalte Monate in der zweiten Hälfte des Winters und zu Anfang des Frühjahrs, welche während des von den Beobachtungen umfaßten Zeitraums die größten negativen Abweichungen der Bodentemperaturen zur Folge hatten, insbesondere muß hier auf die Monate Februar und März 1865 hingewiesen werden.

In der Mehrzahl trifft bei den Frühjahrsmonaten mit negativen Temperaturabweichungen unbeständiges und niederschlagsreiches Wetter zusammen. Es treten jedoch sowohl im März und Mai, besonders aber im April Perioden zu kalten und zugleich trockenen Wetters auf. In diesen Fällen ist die relative Er-

niedrigung der Bodentemperaturen, soweit nicht besonders niederschlagsreiche Perioden unmittelbar vorangegangen sind, allgemein eine geringere und wird deren Umfang und Stärke, wie das entgegengesetzte Verhalten in den Jahrgängen 1861 und 1864 beweist, noch durch Nebenumstände wie den Schutz einer Schneedecke wesentlich beeinflusst.

**Warmer Sommer.** Aus den bezüglichen Daten geht hervor, daß in allen Fällen einem warmen Sommer auch hohe Bodentemperatur oder ein Ansteigen derselben entspricht. Das Steigen der Bodentemperaturen ist (— eine nicht in solcher Weise erwartete Erscheinung —) um so entschiedener, je mehr mit einem Temperaturüberschuß der Luft ein großes Maß von Niederschlägen zusammentrifft oder demselben unmittelbar vorangegangen ist. Umgekehrt ist die Erhöhung der Bodentemperaturen unbedeutend in warmen und zugleich relativ trockenen Sommermonaten.

Die Erklärung hierfür scheint mir in dem Umstande zu suchen zu sein, daß der Boden in nächster Umgebung der Schächte überall mit Gras bewachsen ist. Nun wissen wir über den Einfluß einer lebenden Pflanzendecke auf die Menge des in den Boden eindringenden Wassers nach den Untersuchungen *Wollny's*<sup>1)</sup> u. A., daß, gleichviel wie die atmosphärischen Niederschläge vertheilt sind, die Periode der stärksten unterirdischen Wasserabfuhr in die kältere vegetationslose Jahreszeit fällt, je nach den herrschenden Wärmeverhältnissen in den Winter oder in das Frühjahr. Während der Vegetationszeit wird die Sickerwassermenge auf ein Minimum herabgedrückt. Die Austrocknung des Bodens kann sich zur Zeit des kräftigsten Wachstums der Pflanzen sogar in einer solchen Weise steigern, daß selbst bei einer Mächtigkeit der Erdschicht von nur 30, bez. 50 cm im bebauten Lande Sickerwasser nur in abnorm regenreichen Perioden gebildet werden. Die Rückwirkung der Feuchtigkeitsverhältnisse auf dessen Wärmeleitfähigkeit führt schließlich dazu, daß warme Sommer um so mehr eine Erhöhung der Bodentemperaturen bewirken, je niederschlagsreicher dieselben zugleich sind.

**Kühler Sommer.** Ohne Ausnahme entspricht einem kühlen Sommer auch eine relative Erniedrigung der Bodentemperatur, aber meist nur bis zu verhältnißmäßig geringer Tiefe, kaum bis zur Tiefe von 4 m. In den fünf Jahrgängen 1862, 1864, 1871, 1880, 1884, bei welchen die den kühlen Sommermonaten entsprechende Temperaturerniedrigung des Bodens bis zu dessen Tiefe von 6 m, soweit eben die Beobachtungen reichen, verfolgt wurde, waren stets gleichzeitig auch die Niederschläge, insbesondere deren Häufigkeit zu groß. Die Analogie mit dem Verhalten des Bodens in warmen Sommern ist, allerdings schwach, auch hier zu erkennen.

**Warmer Herbst.** Der Herbst pflegt im Alpenvorland mit antizyklonalem Charakter zugleich Milde und Trockenheit zu verbinden. Gerade im letzten Jahrzehnt sind mehrere Ausnahmen hiervon zu verzeichnen, indem der Spätherbst — November — wiederholt den Wintermonaten ähnlich Milde mit Reichthum an Niederschlägen brachte. In der großen Mehrzahl aller Fälle entspricht einem warmen Herbste auch ein verhältnißmäßiges Ansteigen der Bodentemperaturen. Dasselbe ist unter der ersteren Voraussetzung zum Theil sehr erheblich, andererseits jedoch auch und zwar bei niederschlagsreichen Spätherbstmonaten in seinem

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. X. S. 331—337. Bd. XI. S. 1—68.

Umfange beschränkt gewesen. In diesem letzteren Umstande giebt sich schon ein Anschluß an die oben besprochenen Verhältnisse des Bodens während des Winters kund.

**Kühler Herbst.** Je nach den Niederschlagsverhältnissen gestalten sich also im Herbste die Beziehungen zwischen Perioden niedriger Lufttemperatur und den Schwankungen der Bodentemperatur sehr verschieden. In der Mehrzahl der Herbstmonate gehen niedrige Lufttemperaturen mit einem Ueberschuß an atmosphärischen Niederschlägen zusammen. Die Bodentemperaturen sinken dann und zwar vielfach in recht erheblichem Maße. Eine leicht erklärliche, theilweise Ausnahme hiervon bilden die beiden Jahre 1871 und 1874, welche durch einen ungewöhnlich trockenen Herbstanfang ausgezeichnet waren. Weniger häufig ist es, daß kühle Herbstmonate zugleich trocken sind. Der Einfluß auf die Bodentemperaturen ist unter solchen Bedingungen sehr geringfügig und wenig entschieden; ausnahmsweise können allerdings nasse Vormonate wie 1870 doch ein wesentliches Sinken der Bodentemperaturen verursachen.

**Zusammenfassung der Ergebnisse.** 1. Mit umfassender Beziehung der Witterungsverhältnisse ist es in allen Fällen möglich, über den Zusammenhang der Schwankungen der Luft- und Bodentemperaturen Rechenschaft zu geben. Für die einzelnen Jahreszeiten lassen sich folgende, natürlich durch die klimatischen Verhältnisse der südbayerischen Hochebene mit beeinflusste Regeln erkennen.

2. In milden und, wie dann meist, zugleich niederschlagsreichen Wintermonaten tritt im Verhältniß zum durchschnittlichen Temperaturgang kein wesentliches Steigen, eher und zumal in den größeren Tiefen ein Sinken der Bodentemperaturen ein.

3. Milde und dabei trockene Winter sind mit der Tendenz der Bodentemperaturen, die normale zu überschreiten, verknüpft.

4. Die Bodentemperaturen zeigen in Wintern mit abwechselndem Frost und Thauwetter, deren Temperaturmittelwerthe unter den normalen sind, eine entschiedene Neigung zu sinken, sofern dieselben nicht schon erheblich zu tief sind.

5. Ebenso vermag, wenn auf einen milden und zugleich niederschlagsreichen Vorwinter strenger Frost folgt, selbst eine Schneedecke die durchgreifende Erniedrigung der Bodentemperaturen nur wenig aufzuhalten.

6. Dagegen ist in andauernd strengen Wintern, in welchen meist schon der Dezember eine bleibende Schneedecke bringt, die negative Abweichung der Bodentemperaturen entweder auf die oberen Stufen beschränkt oder überhaupt belanglos.

7. Ein warmes Frühjahr, mit welchem, wie in der Regel, eine geringe Menge der atmosphärischen Niederschläge verbunden ist, bringt eine ausgesprochene (relative) Erhöhung der Bodentemperaturen.

8. Wenn auf einen kalten und niederschlagsreichen Nachwinter fast unvermittelt warme Frühlingsmonate folgen, so steigen nur die Temperaturen der oberen Bodestufen, während jene der tieferen noch weiter unter ihren Normalstand sinken können.

9. In einzelnen warmen und zugleich niederschlagsreichen Frühjahrsmonaten bleiben die Bodentemperaturen durchschnittlich gegen die normale ungeändert.



10. Einem zu kalten Frühjahr, welches meist zugleich durch Schneereichtum ausgezeichnet sein wird, entspricht im Vergleich zum normalen Verlauf, mit sehr wenigen Ausnahmen, eine merkliche Erniedrigung der Bodentemperatur bis zu größerer Tiefe.

11. Bei kalter und zugleich trockener Frühjahrswitterung ist die relative Erniedrigung der Bodentemperaturen allgemein eine geringere, soferne nicht besonders niederschlagsreiche Perioden unmittelbar vorangegangen sind.

12. Einem warmen Sommer entsprechen in allen Fällen hohe Bodentemperaturen oder ein Ansteigen derselben; das Steigen ist um so entschiedener, je mehr mit dem Temperaturüberschuß der Luft ein großes Maß von Niederschlägen zusammentrifft oder demselben unmittelbar vorangegangen ist; das Steigen der Bodentemperatur geht in warmen und zugleich verhältnißmäßig trockenen Sommermonaten nicht wesentlich über das normale hinaus.

13. Die ohne Ausnahme erfolgende relative Erniedrigung der Bodentemperaturen in kühlen Sommern reicht meist nur bis zu verhältnißmäßig geringer Tiefe, kaum bis zu 4 m. Jene Monate, in welchen wir dieselbe durchgängig, also bis zu 6 m, verfolgen können, waren alle gleichzeitig niederschlagsreich.

14. Ein warmer Herbst bedingt mit sehr wenigen Ausnahmen auch ein verhältnißmäßiges Steigen der Bodentemperaturen. Dasselbe ist vorzugsweise dann gering oder kann selbst in das Gegentheil — ein leichtes Sinken — umkehren, wenn der Spätherbst durch Niederschlagsreichtum sich dem milden Wintertypus verwandt zeigt.

15. Niedrige Lufttemperatur geht im Herbst in der Mehrzahl der Fälle mit einem Ueberschuß an atmosphärischen Niederschlägen zusammen und hat dann regelmäßiges und zwar vielfach recht erhebliches Sinken der Bodentemperaturen zur Folge.

16. In dem weniger häufigen Falle zu kühler und trockener Herbstmonate ist in der Regel nur ein sehr geringfügiger Einfluß auf die Bodentemperaturen bemerkbar.

17. Die Bodenfeuchtigkeit ist unter den hier obwaltenden klimatischen Verhältnissen im Winter und Frühjahr im Allgemeinen hinreichend, um einen durchgreifenden Einfluß der Abweichungen der Lufttemperatur auf jene des Bodens zu ermöglichen, während im Sommer (in einem durch die Pflanzendecke verstärkten Grade) ein Uebermaß von Niederschlägen hiezu nothwendig ist. Der Herbst schließt sich zum größeren Theil noch den Verhältnissen des Sommers an.

18. Nicht minder als die Abweichungen der Lufttemperatur sind für die Schwankungen der Bodentemperatur die Niederschlagsverhältnisse maßgebend.

*E. W.*

***E. Wollny.* Der Einfluß der Menge der im Boden befindlichen organischen Stoffe auf den Kohlensäuregehalt der Bodenluft. Landw. Versuchsstation. Bd. XXXVI. S. 201—211.**

Die früher vom Verf. über obigen Gegenstand im Freien ausgeführten Versuche<sup>1)</sup> hatten kein proportionales Verhältniß zwischen dem Humusgehalt und

<sup>1)</sup> Landw. Versuchsstationen. Bd. XXV. 1880. S. 373—391.

der produzierten Kohlensäuremenge ergeben. Letztere stieg in einem geringeren Verhältniß als der Humusgehalt.

Bei Fortsetzung der Versuche wurden im Großen und Ganzen ähnliche Resultate erzielt. Das Bodenmaterial wurde in diesen neueren Experimenten in U-förmige Glasröhren von ca. 700–1000 ccm Inhalt gebracht und einer gleichmäßig fortwirkenden Temperatur und Durchfeuchtung ausgesetzt. Auf diese Weise war es möglich, alle äußeren Faktoren gleich zu gestalten und die Menge der organischen Substanz zur vollen Wirkung gelangen zu lassen.

#### Versuch I.

Temperatur 30° C.

|                   | Bodengemisch. |        |        |        |
|-------------------|---------------|--------|--------|--------|
| Quarzsand . . . . | 511 gr        | 501 gr | 491 gr | 481 gr |
| Wasser . . . . .  | 70 "          | 70 "   | 70 "   | 70 "   |
| Torf . . . . .    | 10 "          | 20 "   | 30 "   | 40 "   |

Vol. Kohlensäure in 1000 vol. Bodenluft.

16.—18. Nov. 1880. Mittel: 3,474      6,462      8,217      12,354.

#### Versuch II.

Temperatur 20° C.

|                    | Bodengemisch. |        |        |        |
|--------------------|---------------|--------|--------|--------|
| Quarzsand . . . .  | 380 gr        | 380 gr | 380 gr | 380 gr |
| Wasser . . . . .   | 40 "          | 40 "   | 40 "   | 40 "   |
| Pferdedüngerpulver | 5 "           | 10 "   | 15 "   | 20 "   |

Vol. Kohlensäure in 1000 vol. Bodenluft.

29. Okt.— 3. Nov. 1881. Mittel: 41,000      54,122      56,598      57,550  
 4. Nov.—10. Nov. 1881. Mittel: 24,689      42,359      48,054      51,098.

Unter gleichen äußeren Verhältnissen, d. i. bei gleicher Luft- und Feuchtigkeitszufuhr und gleicher Temperatur, nahm demnach die Kohlensäuremenge der Bodenluft nur bei dem langsam sich zersetzenden Torfgemisch (Versuch I) annähernd proportional der Menge der organischen Substanz zu, bei Anwendung von leicht zerfallendem Pferdedünger waren dagegen die Werthe für die Kohlensäurebildung bei höherem Gehalt der Masse an kohlenstoffhaltigem Material sehr beträchtlich genähert. Diese Erscheinung kann keineswegs darauf beruhen, daß der für die Zersetzung erforderliche Sauerstoff mangelte, weil nach Abzug des Volumens der entwickelten Kohlensäure von dem in den Gefäßen von einem zum anderen Versuch eingeschlossenen Luftvolumen noch ein für die weitere Verwesung ausreichendes Luftquantum disponibel war, sondern dieselbe ist, aller Wahrscheinlichkeit nach, auf die antiseptischen Eigenschaften der Kohlensäure selbst, wie solche durch *H. Kolbe* nachgewiesen worden sind, zurückzuführen. Hat die Kohlensäure sich in der Bodenluft in einer gewissen Menge angesammelt, so wird die Thätigkeit der Mikroorganismen und hierdurch die Oxydation des Kohlenstoffes der organischen Substanzen gehemmt. Hieraus folgt weiter, daß der Gehalt des Bodens an organischen Stoffen in der aus denselben sich entwickelnden Kohlensäuremenge nicht zum Ausdruck gelangt, wenn diese im Uebermaß im Erdreich auftreten.

Im Freien treten neben vorbezeichneten noch verschiedene andere Wirkungen in die Erscheinung, welche die Menge der vom Boden eingeschlossenen organischen Substanzen in der gebildeten Kohlensäuremenge nicht zum Ausdruck gelangen lassen. Zunächst wäre in dieser Beziehung zu berücksichtigen, daß mit der Menge der organischen Stoffe im Boden der Feuchtigkeitsgehalt zu- und demgemäß der Luftgehalt abnimmt. Es wird demnach ein für die Zersetzung jener Substanzen wichtiger Faktor bei verschiedenem Gehalt des Bodens an denselben wesentlich alterirt, derart, daß bei zunehmender Humusmenge die Intensität des Oxydationsprozesses herabgedrückt wird und die Werthe für die freie Kohlensäure in der Bodenluft sich nähern. Bereits in der ersten Publikation über vorliegenden Gegenstand wurden hierfür sprechende Resultate eines Versuches mitgetheilt.

Ebenso lassen sich auch die Ergebnisse des folgenden Versuchs in der angegebenen Weise deuten. Humoser Kalksand, welchem verschiedene Mengen Pferdedüngerpulver zugeführt worden waren, wurde in Blechgefäße von 18 cm Durchmesser und 30 cm Tiefe gefüllt. Letztere besaßen einen durchlöchernten Boden, so daß das überschüssige Wasser ablaufen konnte, und standen auf Kiesunterlage, ringsum bis zum Rande von Erde umgeben, in einem Kasten im Freien. Die in einer Menge von 2 L. aus 25 cm Tiefe entnommenen Luftproben zeigten folgenden Kohlensäuregehalt:

### Versuch III.

|                                          |       |       |         |
|------------------------------------------|-------|-------|---------|
| Pferdedüngerpulver: . . . . .            | 40 gr | 80 gr | 120 gr  |
| Vol. Kohlensäure in 1000 vol. Bodenluft. |       |       |         |
| 4. April—12. Septbr. 1882. Mittel:       | 6,446 | 9,525 | 12,447. |

Demnach nimmt der Kohlensäuregehalt der Bodenluft zwar mit der Menge der organischen Stoffe zu, aber nicht proportional derselben, sondern in einem geringeren Verhältniß.

Bei Zusammenfassung der Resultate gelangt man zu der Schlußfolgerung, daß die Kohlensäuremenge in der Bodenluft nur dann der Menge der vorhandenen organischen Substanzen proportional ist, wenn diese gering ist, daß dagegen die Kohlensäureproduktion bei höherem Gehalt des Bodens an diesen Stoffen in einem geringeren Grade wächst als die Menge der vorhandenen sich zersetzenden Bestandtheile, oder unter Umständen trotz verschiedener Zufuhr von pflanzlichen und thierischen Resten sich gleich bleibt, weil bei höherem Kohlensäuregehalt der Bodenluft die Thätigkeit der bei der Verwesung beteiligten niederen Organismen gehemmt wird und, mit zunehmender Menge der organischen Stoffe über eine gewisse Grenze hinaus, die für deren Zerfall wichtigsten Eigenschaften des Bodens in einer der Intensität des Prozesses nachtheiligen Weise abgeändert werden.

Für den Einfluß der Zersetzungs faktoren auf die gebildete Kohlensäuremenge bei verschiedenem Gehalt des Bodens an organischen Stoffen sprechen übrigens in sehr drastischer Weise die Ergebnisse folgender Versuche, in welchen der Boden einer verschiedenen Durchfeuchtung und Erwärmung ausgesetzt wurde.

Das Versuchsmaterial befand sich in weiten U-förmigen Glasröhren und wurde in der aus den Tabellen ersichtlichen Weise zubereitet.

**Versuch IV.**

| Temperatur 20° C.                        | Bodengemisch. |        |        |         |
|------------------------------------------|---------------|--------|--------|---------|
|                                          | 380 gr        | 380 gr | 380 gr | 380 gr  |
| Quarzsand . . . .                        | 380 gr        | 380 gr | 380 gr | 380 gr  |
| Pferdedüngerpulver                       | 2 "           | 4 "    | 6 "    | 8 "     |
| Wasser . . . . .                         | 40 "          | 30 "   | 20 "   | 10 "    |
| Vol. Kohlensäure in 1000 vol. Bodenluft. |               |        |        |         |
| 5.—10. Dez. 1881. Mittel:                | 19,746        | 38,892 | 48,357 | 43,647. |

**Versuch V.**

| Temperatur 30° C.                        | Bodengemisch. |        |        |        |
|------------------------------------------|---------------|--------|--------|--------|
|                                          | 380 gr        | 370 gr | 360 gr | 350 gr |
| Quarzsand . . . .                        | 380 gr        | 370 gr | 360 gr | 350 gr |
| Torfpulver . . . .                       | 10 "          | 20 "   | 30 "   | 40 "   |
| Wasser . . . . .                         | 75 "          | 50 "   | 25 "   | 0 "    |
| Vol. Kohlensäure in 1000 vol. Bodenluft. |               |        |        |        |
| 24. u. 25. Nov. 1880. Mittel:            | 26,498        | 40,684 | 43,247 | 3,395. |

**Versuch VI.**

| Temperatur 30° C.                        | Bodengemisch. |        |        |        |
|------------------------------------------|---------------|--------|--------|--------|
|                                          | 380 gr        | 370 gr | 360 gr | 350 gr |
| Quarzsand . . . .                        | 380 gr        | 370 gr | 360 gr | 350 gr |
| Torfpulver . . . .                       | 10 "          | 20 "   | 30 "   | 40 "   |
| Wasser . . . . .                         | 60 "          | 40 "   | 20 "   | 0 "    |
| Vol. Kohlensäure in 1000 vol. Bodenluft. |               |        |        |        |
| 26. u. 27. Nov. 1880. Mittel:            | 33,186        | 50,285 | 56,212 | 5,721. |

**Versuch VII.**

| Temperatur                               | Bodengemisch. |        |        |        |
|------------------------------------------|---------------|--------|--------|--------|
|                                          | 380 gr        | 380 gr | 380 gr | 380 gr |
| Quarzsand . . . .                        | 380 gr        | 380 gr | 380 gr | 380 gr |
| Pferdedüngerpulver                       | 2 "           | 4 "    | 6 "    | 8 "    |
| Wasser . . . . .                         | 40 "          | 40 "   | 40 "   | 40 "   |
| Temperatur . . .                         | 30° C.        | 20° C. | 10° C. | 0° C.  |
| Vol. Kohlensäure in 1000 vol. Bodenluft. |               |        |        |        |
| 12.—17. Dez. 1881. Mittel:               | 37,042        | 36,999 | 20,508 | 2,258. |

**Versuch VIII.**

| Temperatur                               | Bodengemisch. |        |        |         |
|------------------------------------------|---------------|--------|--------|---------|
|                                          | 380 gr        | 370 gr | 360 gr | 350 gr  |
| Quarzsand . . . .                        | 380 gr        | 370 gr | 360 gr | 350 gr  |
| Torfpulver . . . .                       | 10 "          | 20 "   | 30 "   | 40 "    |
| Wasser . . . . .                         | 75 "          | 75 "   | 75 "   | 75 "    |
| Temperatur . . .                         | 30° C.        | 20° C. | 10° C. | 0° C.   |
| Vol. Kohlensäure in 1000 vol. Bodenluft. |               |        |        |         |
| 15.—20. Jan. 1881. Mittel:               | 20,038        | 23,450 | 19,185 | 16,495. |

**Versuch IX.**

Bodengemisch.

|                      |        |        |        |        |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|
| Quarzsand . . . . .  | 380 gr | 380 gr | 380 gr | 380 gr |
| Pferdedüngerpulver   | 2 "    | 4 "    | 6 "    | 8 "    |
| Wasser . . . . .     | 40 "   | 30 "   | 20 "   | 10 "   |
| Temperatur . . . . . | 30° C. | 20° C. | 10° C. | 0° C.  |

Vol. Kohlensäure in 1000 vol. Bodenluft.

|                            |        |        |        |        |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|
| 14.—23. Dez. 1881. Mittel: | 36,115 | 33,333 | 16,921 | 3,506. |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|

**Versuch X.**

Bodengemisch.

|                      |        |        |        |        |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|
| Quarzsand . . . . .  | 380 gr | 370 gr | 360 gr | 350 gr |
| Torfpulver . . . . . | 10 "   | 20 "   | 30 "   | 40 "   |
| Wasser . . . . .     | 60 "   | 40 "   | 20 "   | 0 "    |
| Temperatur . . . . . | 30° C. | 20° C. | 10° C. | 0° C.  |

Vol. Kohlensäure in 1000 vol. Bodenluft.

|                            |        |        |        |        |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|
| 21.—28. Jan. 1881. Mittel: | 20,192 | 22,923 | 18,199 | 2,757  |
| 14.—19. Feb. 1881. Mittel: | 20,226 | 27,841 | 18,713 | 2,332. |

Bei näherer Durchsicht dieser Zahlen erkennt man sofort, daß die Menge der organischen Substanzen in dem Kohlensäuregehalt der Bodenluft nicht oder nur unvollständig zum Ausdruck gelangt, wenn die für den Zersetzungsprozeß wichtigsten Faktoren (Wasser und Temperatur) in einer dem Humusgehalt des Bodens entgegengesetzten Richtung ihre Wirkung geltend machen.

In letzterer Beziehung erweist sich, wie die Zahlen zeigen, das Wasser von geringerem Einfluß als die Temperatur. Läßt man letztere gleichmäßig fortwirken, den Wassergehalt des Bodens abnehmen und die Menge der organischen Stoffe in demselben gleichzeitig steigen (Versuch IV—VI), so läßt sich noch bis zu einer gewissen Grenze der Einfluß des Humusgehaltes auf die Kohlensäuremenge annähernd erkennen, dagegen zeigt sich bei abfallender Temperatur und gleichzeitiger Steigerung der Menge an humosen Substanzen bei gleichbleibendem Feuchtigkeitsgehalt (Versuch VII u. VIII), daß die Kohlensäurebildung in umgekehrtem Verhältniß zu dem Humusgehalt des Bodens steht. Dies ist auch der Fall, wenn unter sonst gleichen Umständen die Wirkung des Wassers derjenigen der Temperatur parallel läuft (Versuch IX u. X).

Aus solchen wie den vorstehenden Thatsachen ist ersichtlich, daß kleine Mengen organischer Substanzen im Boden unter günstigen Zersetzungsbedingungen bedeutend mehr Kohlensäure liefern können als große Mengen unter Verhältnissen, die dem Zerfall der humosen Stoffe ungünstig sind. Indem die bezüglichen Faktoren (Permeabilität, Feuchtigkeit und Temperatur) in hervorragender Weise von der physikalischen Beschaffenheit und Bedeckung des Erdreichs beherrscht werden, wird weiter geschlossen werden dürfen, daß auch diese Momente bei der Beurtheilung vorwürfiger Frage mit herangezogen werden müssen. In der That weisen folgende zwei Beispiele die Richtigkeit dieser Anschauung nach.

In dem einen Fall wurden von zwei Blechzylindern, von 0,50 m Höhe und 0,1 qm Querschnitt, der eine mit Quarzkies (Korngröße: 2—4 mm), der andere mit Quarzsand (Korngröße: 0,0—0,5 mm) gefüllt. Ersterer war vor dem Einfüllen mit 500 gr, letzterer mit 250 gr Pferdedüngerpulver gemischt worden. In einem zweiten Versuch wurden zwei Zylinder mit humosem Kalksandboden beschickt. In dem einen blieb der Boden brach und ungedüngt, in dem anderen wurde derselbe mit 700 gr trockenem Pferdedüngerpulver gedüngt und mit einer Grasdecke versehen. Die aus einer Tiefe von 25 cm entnommenen Luftproben enthielten folgende Mengen von Kohlensäure:

|                    | Versuch XI.                                          |                                                      | Versuch XII.                                         |                     |
|--------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------|
|                    | In 1000 vol. Bodenluft vol. Kohlensäure.             |                                                      |                                                      |                     |
|                    | Quarz                                                |                                                      | Humoser Kalksand                                     |                     |
| 1881.              | Kies<br>mit 500 gr<br>Pferdedüngerpulver<br>gedüngt. | Sand<br>mit 250 gr<br>Pferdedüngerpulver<br>gedüngt. | Gras<br>mit 700 gr<br>Pferdedüngerpulver<br>gedüngt. | Nackt<br>ungedüngt. |
| 20. Apr.—16. Sept. |                                                      |                                                      |                                                      |                     |
| Mittel:            | 15,649                                               | 15,008                                               | —                                                    | —                   |
| 2. Juli—16. Sept.  |                                                      |                                                      |                                                      |                     |
| Mittel:            | —                                                    | —                                                    | 2,444                                                | 3,013.              |

Sieht man zunächst von Details ab, so erkennt man sofort, daß unter den vorliegenden Verhältnissen die Menge der organischen Stoffe in den Böden in dem Kohlensäuregehalt der Bodenluft nicht zum Ausdruck kam. Obwohl der Kies noch einmal so viel organische Bestandtheile enthielt als der Sand, war die Menge freier Kohlensäure in beiden Fällen die gleiche. Es beruht dies offenbar darauf, daß der Kies wegen geringer Wasserkapazität nicht die für eine vollkommene Zersetzung des Pferdedüngers erforderliche Feuchtigkeit enthielt und außerdem die gebildete Kohlensäure wegen großer Permeabilität leicht an die Atmosphäre abgab. Nur im Mai und Juni entwickelte sich im Kies mehr Kohlensäure als im Sand, weil durch ausreichende Niederschläge die fehlende Bodenfeuchtigkeit ersetzt wurde. In den folgenden trockenen Monaten jedoch fiel die Kohlensäureproduktion im Kies unter die des Sandes und erhob sich nur noch einmal darüber, nämlich am 4. August, nachdem zwischen dem 21. und 25. Juli ein ergiebiger Regen vorausgegangen war.

In dem zweiten Versuch kam die Düngung mit Pferdemist gar nicht zur Wirkung, denn, wie die Zahlen zeigen, enthielt der gedüngte Boden weniger Kohlensäure als der ungedüngte. Durch die Düngerzufuhr war das Gras zu einer üppigen Entwicklung gebracht worden, weshalb der Boden stark ausgetrocknet und abgekühlt wurde<sup>1)</sup>. Die Zersetzung der organischen Stoffe wurde daher außerordentlich verlangsamt und derart verzögert, daß der vergleichsweise an humosen Bestandtheilen weit ärmere, brachliegende Boden in Folge eines weit höheren Feuchtigkeitsgehaltes und stärkerer Erwärmung mehr Kohlensäure produziren konnte. Die am 2. September gemachte hiervon abweichende Beobach-

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. VI. 1888. S. 197. — Bd. X. 1887. S. 261.

tung läßt sich dadurch leicht erklären, daß durch vorhergehende ergiebige Niederschläge in der letzten Hälfte des August auch der Grasboden gut durchfeuchtet worden war, so daß sich nunmehr der Dünger besser zersetzen konnte als vorher.

Die Resultate der Versuche XI und XII vermitteln sonach dieselbe Thatsache wie diejenigen der Versuche IV—X, nämlich, daß die Menge der organischen Stoffe (der Grad der Verunreinigung) des Bodens aus dem Gehalt desselben an freier Kohlensäure nicht ermessen werden kann, wenn die äußeren Bedingungen der Zersetzung ungünstig sind. In diesem Fall kann ein an Humusstoffen reicher Boden beträchtlich weniger Kohlensäure produziren als ein an solchen Bestandtheilen armer, sobald die Faktoren der Zersetzung auf letzteren in vollkommener Weise einzuwirken vermögen.

Unter Berücksichtigung der hier mitgetheilten Ergebnisse sowohl als auch anderweitig ermittelter Thatsachen, denen zu Folge 1. die Schichten von verschiedenem Kohlensäuregehalt sich gegenseitig beeinflussen<sup>1)</sup>, 2. die Zersetzung der organischen Stoffe und die Abgabe der Kohlensäure an die Atmosphäre von der Permeabilität des Bodens für Luft in außerordentlichem Grade beherrscht wird<sup>2)</sup>, 3. die Kohlensäurebildung von der Zersetzbarkeit der organischen Stoffe und dem Gehalt derselben an verschiedenen chemischen Verbindungen wesentlich abhängig ist<sup>3)</sup>, wird geschlossen werden dürfen, daß die Menge der im Boden vorhandenen freien Kohlensäure weder für die Intensität der organischen Prozesse, noch für die Menge der im Boden vorhandenen humosen Stoffe einen Maßstab abgiebt.

E. W.

*Th. Schöning* *Als.* Ueber die Bodenluft. Comptes rendus. T. CIX, p. 618 u. 673. — Ann. agron. T. XVI. Nr. 2. p. 95.

Verf. trieb einen, in eine konische Spitze von sehr geringem Durchmesser verlaufenden stählernen Schaft in den Boden; er aspirirte die Bodenluft mittelst eines Quecksilberabflusses und analysirte eudiometrisch kleine Proben des gesammelten Gases. Die Analysen verschiedener an einer und derselben Stelle entnommener Proben ergaben übereinstimmende Resultate, ein Beweis dafür, daß die angewandte Methode geeignet ist, die vollständige Extraktion der vom Boden eingeschlossenen Luft zu bewirken.

Für den bearbeiteten Boden wurden Resultate erhalten, welche den von *Boussingault* und *Lévy* ermittelten analog sind, und denen zu Folge eine geringe Menge von Sauerstoff in der Bodenluft durch Kohlensäure ersetzt ist.

In den als Grasland niedergelegten Böden nimmt die Menge der Kohlensäure zu, jene des Sauerstoffs ab, bis zu 10 pro 100 Luft; indessen hat man niemals Erden gefunden, in welchen der Sauerstoff fehlte.

Von einem zum anderen Termin unterliegt die Zusammensetzung der Luft eines und desselben Bodens bedeutenden Schwankungen. Im Allgemeinen findet man in den tieferen Erdschichten mehr Kohlensäure als in den oberen, jedoch ist dies nicht immer der Fall. Bei gleicher Tiefe wurde die Luft an einem Ab-

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. IX. 1886. S. 182.

<sup>2)</sup> Ebenda. S. 177.

<sup>3)</sup> Journal für Landwirtschaft. Bd. XXXIV. 1886. S. 252.

hange an den niedrigen Stellen reicher an Kohlensäure gefunden als einige Meter höher.

Verf. schließt seine Arbeit mit folgendem Satz: „Es ist notwendig, unter unseren Begriffen von der Atmosphäre des Bodens den der Beweglichkeit einzuführen, an Stelle der Vorstellung von Ruhe, welche der gewöhnlich gebrauchte Ausdruck «eingeschlossene Luft» in sich begreift. Das Wasser ist weniger beweglich als das Gas, bewegt sich aber nichtsdestoweniger im Boden. Die Gase können sich in demselben weit besser bewegen; sie streben hiernach in Folge des Einflusses mehrfacher Ursachen, welche ihre unablässigen Veränderungen in Temperatur, Druck und chemischer Zusammensetzung hervorrufen.“ E. W.

**A. Petermann.** Der Einfluß der Vegetation auf die Menge und Zusammensetzung der Drainwässer. (Aus: Contribution à la chimie et à la physiologie de la Betterave à sucre.) Bulletin de la Station agronomique de l'État à Gembloux. No. 45. 1889.

Verf. hat bei Gelegenheit seiner Vegetationsversuche mit Zuckerrüben einige interessante Beobachtungen über den Einfluß der Vegetation auf die Menge und Zusammensetzung der Drainwasser gemacht, welchen folgende Daten entnommen sind.

Die Rüben wurden in durch Mauerwerk, nach Art der Lysimeter hergestellten und bis zum Rande in die Erde versenkten, mit Erde (sandiger Lehm-boden) gefüllten Behältern kultivirt. Jeder der letzteren besaß einen Querschnitt von 1 m im Quadrat und eine Tiefe von 1,20 m. Die unterste Schicht, in einer Mächtigkeit von 20 cm, wurde aus grobem Quarzkies gebildet, der zuvor mit Salzsäure behandelt und mit destillirtem Wasser ausgewaschen worden war. In Folge dieser Anordnung hatte die Vegetationsschicht eine Tiefe von 1 m, und das Volumen der ganzen Erdmasse betrug sonach 1 cbm. Der Boden der Gefäße erhielt eine schwache Neigung gegen die Mitte, wo die Oeffnung einer Röhre, die seitwärts in einen neben den Vegetationsbehältern hergestellten Raum ausmündete und zur Abfuhr der Sickerwasser diente, angebracht war.

In jedem Jahre wurden in jedem Kasten neun Stufen Knäule der weißen schlesischen, von *Vilmorin* nachgebauten Zuckerrübe ausgelegt. Die Pflanzen wurden später an jeder Pflanzstelle bis auf eine verzogen. Die Behandlung der verschiedenen Vegetationsgefäße war folgende: I. ohne Ersatz der entnommenen Nährstoffe; II. mit Ersatz der Mineralstoffe; III. mit Ersatz des Stickstoffs; IV. mit Ersatz der Mineralstoffe und des Stickstoffs. Die Zufuhr erfolgte in Form von Chilisalpeter, Chlorkalium und Superphosphat und zwar in einer Menge von 1,6 gr Stickstoff, 3,9 gr Kali und 0,8 gr Phosphorsäure pro 1000 gr Rüben der vorhergehenden Ernte.

In der folgenden Tabelle sind die in verschiedenen Jahren ermittelten Drainwassermengen und die Ernten (Wurzeln und Blätter) übersichtlich zusammengestellt worden:



| Jahr. | Regen-<br>menge.<br>mm | I.           |                              | II.          |                              | III.         |                              | IV.          |                              |
|-------|------------------------|--------------|------------------------------|--------------|------------------------------|--------------|------------------------------|--------------|------------------------------|
|       |                        | Ernte.<br>kg | Sicker-<br>wässer.<br>Liter. | Ernte.<br>kg | Sicker-<br>wässer.<br>Liter. | Ernte.<br>kg | Sicker-<br>wässer.<br>Liter. | Ernte.<br>kg | Sicker-<br>wässer.<br>Liter. |
| 1881  | 483                    | 2,600        | 111                          | 3,260        | 80                           | 4,215        | 65                           | 5,180        | 50                           |
| 1882  | 547                    | 3,850        | 156                          | 4,575        | 116                          | 5,540        | 108                          | 7,180        | 80                           |
| 1884  | 384                    | 2,460        | 40                           | 3,880        | 21                           | 5,120        | 20                           | 5,880        | 12                           |
| 1886  | 404                    | 3,200        | 54                           | 4,440        | 47                           | 5,400        | 36                           | 5,940        | 25                           |

Die Drainwassermengen sind, wie diese Zahlen deutlich zeigen, einerseits von der Regenmenge, andererseits von der Höhe der Ernten abhängig. Je größer die Regenmenge und je geringer die Ernte, um so größer ist die unterirdische Wasserabfuhr und umgekehrt. Die Ueppigkeit der Entwicklung der Pflanzen hatte einen ganz hervorragenden Einfluß auf die Sickerwassermenge ausgeübt: letztere stand in einem umgekehrten Verhältnis zum Gewicht der produzierten organischen Substanz.

In Bezug auf den Reichtum der in die Tiefe abgegebenen Wasser lassen sich die Versuche in zwei Gruppen bringen: Die Erde in den Behältern III und IV erhielten alljährlich eine Zufuhr von Chilisalpeter, während jene in den Gefäßen I und II keinen Stickstoff erhielten. Die relativen Stickstoffmengen in den Wässern wurden, wie folgt, gefunden.

|         | I u. II<br>ohne Stickstoff. | III u. IV<br>mit Stickstoff. |                                                   |
|---------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------|
| Minimum | 0,0048                      | 0,0061                       | } gr Salpeterstickstoff pro Liter<br>Drainwasser. |
| Maximum | 0,0078                      | 0,0098                       |                                                   |
| Mittel  | 0,0062                      | 0,0074                       |                                                   |

Das Drainwasser aus der mit Stickstoff gedüngten Erde war sonach reicher an Nitraten als jenes aus der ungedüngten oder mit Mineralstoffen gedüngten Erde. Es ergibt sich aber aus den mitgetheilten Zahlen kein sehr großer Verlust an dem in Rede stehenden wichtigen Nährstoff. Für die Beurtheilung der wirklich stattgefundenen Stickstoffverluste sind indessen die absoluten Stickstoffmengen maßgebend, welche unter Berücksichtigung der Drainwassermengen sich ergeben und in folgender Weise festgestellt wurden:

Gesamtverlust an Stickstoff durch die Drainwasser während der Vegetationszeit in den Jahren 1881—1886.

|      | I u. II<br>ohne Stickstoff. | III u. IV<br>mit Stickstoff. |
|------|-----------------------------|------------------------------|
| 1881 | 1,36 gr                     | 1,09 gr                      |
| 1882 | 1,48 "                      | 1,19 "                       |
| 1884 | 0,30 "                      | 0,21 "                       |
| 1886 | 0,66 "                      | 0,44 "                       |
|      | 3,80 gr                     | 2,93 gr.                     |

Diese Tabelle ergibt die interessante Thatsache, daß trotz der vermehrten Aufnahme von Salpeterstickstoff und der höheren Produktion an organischer Substanz ein mit Stickstoff gedüngter Boden während der Vegetation geringere Stickstoffverluste erleidet als ein ungedüngter Boden. Die vermehrte Produktion

pflanzlicher Substanz vermindert diese Verluste: 1. weil dadurch ein größerer Stickstoffverbrauch bedingt ist und 2. die kräftiger entwickelten Pflanzen mehr Wasser verbrauchen und in Folge dessen die Sickerwassermengen herabsetzen<sup>1)</sup>.

Dieses Ergebnis stimmt vollständig mit den durch die langjährigen Versuche von *Lawes, Gilbert* und *Warington*<sup>2)</sup> gewonnenen überein, insofern als diese Forscher fanden, daß das Drainwasser von einem nicht kultivirten Boden dreimal soviel Nitratstickstoff enthält als jenes von einem mit Weizen bebauten nicht mit Stickstoff gedüngten Boden.

Im Bisherigen sind nur die mit Stickstoff gedüngten und ungedüngten Böden mit einander verglichen worden. Die hierdurch ermittelte Thatsache tritt jedoch auch in die Erscheinung, wenn man die mit Stickstoff und die mit Mineraldünger und Stickstoff behandelten Parzellen in Parallele stellt, wie folgende Uebersicht zeigt:

|      | III<br>mit Stickstoff. | IV<br>mit Mineraldünger<br>u. Stickstoff. |                                                      |
|------|------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 1881 | 0,60                   | 0,49                                      | } gr Salpeterstickstoff<br>pro Liter<br>Drainwasser. |
| 1882 | 0,69                   | 0,50                                      |                                                      |
| 1884 | 0,12                   | 0,09                                      |                                                      |
| 1886 | 0,26                   | 0,18                                      |                                                      |
|      | <hr/> 1,67             | <hr/> 1,26.                               |                                                      |

Diese Zahlen zeigen, daß der Stickstoffverlust in dem Boden bei ausschließlicher Stickstoffdüngung höher ist als dann, wenn die Erde neben Stickstoff eine Düngung mit Mineralstoffen erhielt.

Das Maximum pflanzlicher Substanz wurde erhalten, als den Rüben die drei wichtigsten Nährstoffe zur Verfügung gestellt wurden. Die Vegetationsbedingungen befanden sich unter solchen Umständen im Optimum. Es wurde in den Gefäßen IV eine größere Ernte erzielt als in den Gefäßen III, wo der Stickstoff wegen Mangel an mineralischen Nährstoffen nicht zur vollen Geltung gelangen konnte. Die vermehrte Produktion in den Behältern IV hatte eine höhere Wasserentnahme aus dem Boden bewirkt. Weil dadurch gleichzeitig die Sickerwassermengen vermindert wurden und ein höherer Stickstoffverbrauch veranlaßt wurde, nahm der Stickstoffverlust in diesen Behältern ab.

Die bei den Parzellen III und IV ermittelten Thatsachen finden in den Ergebnissen der Versuche I und II eine Bestätigung. Der Gehalt der Drainwässer an Salpeterstickstoff stellte sich wie folgt:

|      | I<br>ohne Dünger. | II<br>mit Mineraldünger. |                                                      |
|------|-------------------|--------------------------|------------------------------------------------------|
| 1881 | 0,87              | 0,59                     | } gr Salpeterstickstoff<br>pro Liter<br>Drainwasser. |
| 1882 | 0,78              | 0,70                     |                                                      |
| 1884 | 0,19              | 0,11                     |                                                      |
| 1886 | 0,34              | 0,32                     |                                                      |
|      | <hr/> 2,18        | <hr/> 1,72.              |                                                      |

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. X. 1887. S. 341.

<sup>2)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. VI. 1883. S. 69.

Unter Berücksichtigung der Drainwassermengen würden auch diese Zahlen den Nachweis liefern, daß die durch die Sickerwasser hervorgerufenen Stickstoffverluste um so geringer ausfallen, je kräftiger die Pflanzen sich entwickelt haben.

E. W.

**J. Reimers.** Ueber den Gehalt des Bodens an Bakterien. Zeitschrift für Hygiene. 1889. Bd. VII. S. 307 und Naturw. Rundschau. 1890. Nr. 5. S. 67.

Verf. hat nach der Methode, welche *Fränkel* in Berlin<sup>1)</sup> ausgebildet hat, eine Untersuchung des Bodens in Jena vorgenommen. Eine Modifikation des Verfahrens war dadurch nothwendig geworden, daß er statt des sandigen Bodens in Berlin den kalkhaltigen, lehmigen Boden Jena's zu vertheilen hatte. Nur kurz sei erwähnt, daß der Boden mittelst eines Bohrers in beliebiger Tiefe entnommen, ein bekanntes Volumen desselben ( $\frac{1}{10}$  ccm) mit Gelatine im Mörser verrieben, und dann in Gelatine Rollröhrchen hergestellt wurden, in denen die zur Entwickelung gelangten Kolonien leicht und sicher gezählt werden konnten. Die ganze Untersuchung zerfiel in drei Hauptreihen. Die erste Reihe, welche acht Versuche umfaßte, wurde an Boden ausgeführt, der entweder einem feuchten Wiesengrund oder einem hochgelegenen Acker entstammte und, abseits von menschlichen Wohnungen gelegen, an seiner Oberfläche keinen wesentlichen Verunreinigungen ausgesetzt war. Die zweite Hauptgruppe betraf ein Terrain in unmittelbarer Nähe menschlicher Wohnungen, Fahrstraßen und Fuhrwege in der Stadt, also einen Boden, der meist bis zu einer bestimmten Tiefe bereits aufgewühlt gewesen war und oft eine grössere oder geringere Verunreinigung von oben erkennen ließ. Die dritte Hauptgruppe bildeten Kirchhofversuche in einem Terrain, welches bereits mindestens fünfmal zu Beerdigungen benutzt war; bis zur Grabtiefe (1,5 m) war der Boden des Oefteren aufgewühlt, unterhalb des Sargbodens folgte gewachsener Boden; ferner wurde bei Gelegenheit dreier Exhumirungen das Erdreich in den betreffenden Gräbern oberhalb, neben und unmittelbar unter dem Sarge der Untersuchung unterzogen.

Die Resultate mögen nachstehend in der Zusammenfassung des Verfassers wiedergegeben werden:

Die Keimzahl in den oberen Bodenschichten ist keine so große, wie manche Forscher angegeben haben. Sie geht auf Jenenser Terrain über wenige Millionen auf den Kubikzentimeter nicht hinaus. Bis zu einer gewissen Tiefe bleibt sie verhältnißmäßig hoch, doch ist sie durchgehends niedriger als an der Oberfläche.

Mit zunehmender Tiefe erfolgt sodann ein ziemlich plötzlicher und starker Abfall der Zahlen, wie das bereits *Fränkel* konstatierte. Die Zone dieser plötzlichen Keimverminderung liegt im Jenenser Boden (wie im Berliner) zwischen 1 und 2 m. Die höhere oder tiefere Lage dieser Zone scheint hauptsächlich von der Bearbeitung und Benutzung des betreffenden Terrains abzuhängen. Im bereits umgewühlten Boden liegt sie tiefer als im jungfräulichen. Schon in ganz geringer Tiefe kann der Boden keimfrei sein.

Gleiche Keimarten aus Proben der Oberfläche und aus Schichten unmittelbar unter dieser zeigen im Röhrchen schnelleres Wachsthum, als wenn sie aus

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. X. 1887. S. 381.

größerer Tiefe stammen. Diese Wachstumsverlangsamung mit zunehmender Tiefe ist ebenfalls ein Beweis dafür, daß die Lebensbedingungen für die Bakterien in den tieferen Schichten keine so günstigen sind als an der Oberfläche.

In den mäßigen Tiefen, in welchen das Grundwasser untersucht wurde, erwies sich das letztere sowohl keimfrei als auch keimhaltig. Während in einer Reihe von Fällen das Grundwasser den regelrechten Keimabfall nicht beeinflußt, zeigten sich in einer anderen Reihe von Versuchen die Grundwasser führenden Schichten reicher an Keimen als die Erdlagen darüber.

Der Keimgehalt des Bodens erwies sich durch die Beerdigungen nicht beeinflußt. Weder neben, noch unter dem Sarge war die Bakterienmenge größer als an den entsprechenden Stellen der auf gleichem Terrain angelegten Kontrollgruben. Ohne Einfluß war es ferner, ob die Proben aus einem Grabe stammten, in welchem vor 35, oder aus einem solchen, in dem erst vor 1½ Jahren die Beerdigung stattgefunden hatte.

**A. Müntz.** Ueber die Rolle des Ammoniaks bei der Ernährung der höheren Pflanze. Journ. d'agriculture pratique. 1889. Bd. II. Nr. 45. p. 671—678. — *Biedermann's* Zentralblatt für Agrikulturchemie. 1890. Heft II. S. 81—88.

Während nach der älteren Meinung die Ammoniaksalze direkt von den Pflanzen aufgenommen werden können, und die Nitrate erst in Ammoniakverbindungen übergeführt werden müssen, bevor sie assimilierbar sind, überwiegt augenblicklich die entgegengesetzte Ansicht, nach welcher die Pflanze den Stickstoff dem Boden nur in Form von Nitraten entnehmen kann. Da jedoch auch diese letztere Theorie über ein genügendes Beweismaterial noch nicht verfügt, so hat sich Verf. die Aufgabe gestellt, durch geeignete Versuche die Richtigkeit der einen oder der anderen Ansicht festzustellen. Hierbei war vor Allem auf die Mitwirkung der nitrifizierenden Fermente des Bodens Rücksicht zu nehmen, denn wenn man auch nachweisen konnte, daß eine Düngung mit schwefelsaurem Ammoniak einen vortheilhaften Einfluß auf die Vegetation ausübt, so war doch unbestimmt, ob dieser durch das Ammoniumsulfat selbst oder nicht vielmehr durch das im Boden daraus entstehende Nitrat hervorgebracht wurde. Um daher die Frage, ob die Ammoniaksalze ohne vorherige Umwandlung in Nitrate den Pflanzen als Nährmittel dienen können, zu entscheiden, mußten die Versuche unter Bedingungen angestellt werden, welche eine Nitrifikation völlig ausschlossen. Es wurde deshalb die zu den Versuchen verwandte Erde zunächst durch Auswaschen von Nitraten befreit, dann mit schwefelsaurem Ammoniak versetzt und in großen Gefäßen in einem Trockenofen auf 100° C. erhitzt.

Auf diese Weise erhielt Verf. eine Erde, welche sowohl frei von Nitraten, wie auch von nitrifizierenden Organismen war. Um das Hineindringen der letzteren während der Versuchsdauer zu verhindern, wurden große Behälter konstruirt, deren Wände theils aus Glas, theils aus Luft filtrirender Leinwand hergestellt waren, so daß zwar die Luft frei zirkuliren konnte, die in ihr enthaltenen Keime dagegen an das Eindringen in die Behälter gehindert wurden. Zur größeren Sicherheit wurden die Wände dann noch mit Glycerin bestrichen.

Das Saatgut wurde vor dem Pflanzen kurze Zeit in siedendes Wasser getaucht, um die daran haftenden Keime zu zerstören.

Alle diese Operationen wurden in einem Raume vorgenommen, dessen Atmosphäre durch Zerstäuben von Wasser gereinigt worden war. Die Behälter mit den Versuchsgefäßen standen während der Versuchsdauer in einem offenen Schuppen. Zum Begießen wurde destillirtes Wasser verwandt. Zur Kontrolle wurden in genau in der gleichen Weise hergestellte Behälter Gefäße gebracht, welche etwas nicht sterilisirte Dammerde enthielten, von denen mithin die nitrifizirenden Organismen nicht ausgeschlossen waren. Die Versuche wurden in den Jahren 1885—1888 ausgeführt und ergaben stets das gleiche Resultat. Die Untersuchung der sterilisirten Erde zeigte, daß sich selbst im Verlaufe mehrerer Monate auch nicht Spuren von Nitraten gebildet hatten, so daß die Pflanzen, welche auf diesem Boden gewachsen waren, den Stickstoff nur dem schwefelsauren Ammoniak entnommen haben konnten.

Die folgenden Zahlen geben die Menge Salpetersäure, welche bei Beginn und am Ende des Versuchs in einem kg Erde enthalten waren:

|    | Sterilisirte Erde |          | Nichtsterilisirte Erde |          |
|----|-------------------|----------|------------------------|----------|
|    | bei Beginn.       | am Ende. | bei Beginn.            | am Ende. |
|    | mg                | mg       | mg                     | mg       |
| 1. | 0,0               | 0,0      | 0,0                    | 91,2     |
| 2. | 0,0               | 0,0      | 0,0                    | 420,2.   |

Die Pflanzen entwickelten sich unter den Versuchsbedingungen durchaus normal und erreichten Mais, Bohne, Feldbohne und Hanf die Höhe von einem Meter und darüber.

Durch Subtraktion der im Saatgut enthaltenen Stickstoffmenge von der in der Pflanze gefundenen ergibt sich, welche Quantität Stickstoff die Pflanze dem schwefelsauren Ammoniak entnommen hat. Die hierbei erhaltenen Zahlen zeigt die folgende Zusammenstellung:

|                     | Stickstoff |                 |                               |
|---------------------|------------|-----------------|-------------------------------|
|                     | im Korn.   | in der Pflanze. | dem Ammoniumsulfat entnommen. |
|                     | mg         | mg              | mg                            |
| Bohne . . . . .     | 37         | 956             | 919                           |
| Feldbohne . . . . . | 16         | 105             | 89                            |
| Mais . . . . .      | 3          | 211             | 208                           |
| Gerste . . . . .    | 0,2        | 50              | 49,8                          |
| Hanf . . . . .      | 0,5        | 115             | 114,5.                        |

Verf. zieht aus diesen Versuchen den Schluß, daß die höheren Pflanzen im Stande sind, Ammoniakstickstoff direkt aus dem Boden aufzunehmen, und daß in Folge dessen die Nitrifikation der ammoniakhaltigen Düngemittel nicht unbedingt nothwendig für die Nutzbarmachung derselben ist.

**Th. Schlösing.** Ueber die Nitrifikation des Ammoniaks. Comptes rendus. 1889. T. CIX. p. 423. — *Biedermann's* Zentralblatt für Agrikulturchemie. 1890. Heft 1. S. 1.

Der Verf. unterwirft die schon vielfach ventilirte Frage nach dem Stickstoffverlust bei der Umwandlung des Ammoniaks in Salpetersäure einer erneuten

Untersuchung. Bei derselben wendete er die direkte Methode an, indem er den Stickstoff der Atmosphäre der vollständig gegen die Außenluft abgesperrten Gefäße, welche das der Nitrifikation unterworfenen Material enthalten, am Anfang und Ende des Versuchs bestimmte. Mittelst einer besonderen Vorrichtung wurde reiner Sauerstoff in die Gefäße eingeführt in dem Maße, wie derselbe durch die Oxydationsvorgänge verbraucht wurde, sowie die gebildete Kohlensäure durch Absorption entfernt.

Als Versuchsmaterial diente ein Boden, der hinreichend organische Substanzen und 19,4% Feuchtigkeit enthielt. Derselbe wurde in die Versuchsgefäße eingetragen und alsdann mit der Lösung eines Ammoniaksalzes berieselt<sup>1)</sup>.

Aus den gewonnenen Daten ergab sich, daß die Stickstoffzunahme in den Gefäßen außerordentlich gering und innerhalb der Fehlergrenzen gelegen war.

Die Abnahme des Ammoniakstickstoffs war stets etwas größer als die Zunahme an Salpetersäurestickstoff, obwohl die Nitrifikation des organischen Stickstoffs des Bodens neben derjenigen des Ammoniaks verlief. Es wird hieraus gefolgert, daß ein Theil des vorhandenen Ammoniaks oder der entstandenen Salpetersäure zur Bildung von organischen Stickstoff enthaltenden Substanzen verbraucht worden ist.

E. W.

**M. P. E. Berthelot.** Ueber die Fixirung des Stickstoffs durch den Ackerboden unter dem Einfluß der Elektrizität. Comptes rendus. 1889 T. CIX. p. 281. — *Biedermann's* Zentralblatt für Agrikulturchemie. 1890. Heft 1. S. 5.

Der Verf. stellte im Anschluß an frühere Versuche über den Einfluß starker und schwacher elektrischer Ströme auf die Entstehung von Stickstoffverbindungen neuerdings Experimente an, in welchen in den Versuchsböden stetig schwache elektrische Ströme erhalten wurden. Das Gesamtergebniß dieser Versuche spricht für eine eigenthümlich günstige Wirkung der Elektrizität auf die Fixirung von Stickstoff durch den vegetationsfreien als auch durch den mit Pflanzen bestehenden Erdboden<sup>2)</sup>.

E. W.

**Th. Schloßing.** Ueber die Beziehungen des Stickstoffs der Atmosphäre zur Ackererde. Comptes rendus. 1889. T. CIX. p. 210 u. 345. — *Biedermann's* Zentralblatt für Agrikulturchemie. 1890. Heft 1. S. 8.

Verf. berichtet über Versuche, zu denen er namentlich durch die Ergebnisse der Arbeiten *Heltriegel's* und *Wilfarth's* geführt wurde. Wenn die Fixirung von Stickstoff, so folgert er, durch die Symbiose von höheren Pflanzen, im Besonderen der Leguminosen mit gewissen Bakterien wirklich stattfindet, so ist es bei der Annahme, daß die letztgenannten in eine ähnliche Wechselwirkung mit den toten organischen Stoffen des Bodens treten, höchst wahrscheinlich möglich, diese Stickstoffvermehrung in den Böden festzustellen, welche Leguminosen getragen, also die fraglichen Bakterien enthalten. Von diesem Gesichtspunkte aus-

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. X. 1887. S. 212 u. 380. — Bd. XI. 1888. S. 86. — Bd. XII. 1889. S. 255.

<sup>2)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. XI. 1888. S. 111.

gehend, wählte Verf. vier sandig-thonige Bodenarten, welche Leguminosen trugen, zwei thonreiche mit Klee und Luzerne bestellte Böden und zwei ebenso bestandene sandige Böden.

700—1000 gr der gut gemischten Probe werden im Vakuum bei 70° getrocknet, die Menge des Ammoniaks in dem aufgefangenen Wasser, welche nur winzig war, bestimmt. Die so für die Analyse vorbereiteten Bodenproben halten sich in verschlossenen Gefäßen sehr lange völlig unverändert. Zu den Versuchen dienten mit Stöpseln versehene Flaschen, welche mit 2 kg Erde beschickt und dadurch etwa zu  $\frac{1}{3}$  gefüllt wurden. Sie standen zuerst in einem kleinem Glashaue, dann während des Winters in einem mäßig warmen Zimmer und wurden in jeder Woche einmal eine Stunde lang durch Oeffnen gelüftet. Die Erde wurde in mäßig feuchtem Zustande erhalten.

Die Analysen ergaben, daß die Aenderungen im Gesamtstickstoffgehalt der Versuchsböden während der zehn- oder elfmonatlichen Dauer der Versuche so gering sind, daß die Zu- und Abnahme an Stickstoff die Fehlergrenze der Analyse nicht überschreitet. E. W.

**A. B. Frank.** Ueber die Pilzymbiose der Leguminosen. Berichte d. deutschen bot. Ges. 1889. Bd. VII. S. 332. — Naturw. Rundschau. 1890. Nr. 8. S. 102.

Von *Beyerinck*<sup>1)</sup> und nach ihm von *Prazmowski*<sup>2)</sup> war nachgewiesen worden, daß die Wurzelknöllchen der Leguminosen durch das Eindringen gewisser Bakterien erzeugt werden, welche sich innerhalb der Knöllchen zu den „Bakteroiden“ genannten Inhaltskörpern entwickeln. Zwischen dieser und der älteren Anschauung, wonach die Bakteroiden geformte Eiweißgebilde der Pflanze sind, sucht Verf. in vorliegender Arbeit eine Vermittelung herzustellen. Er hält an der Ansicht fest, daß die Bakteroiden eine (Eiweiß-) Bildung der Pflanze seien, betrachtet aber den von den oben genannten Forschern mit Sicherheit als Erzeuger der Knöllchen nachgewiesenen Mikroorganismus als Erreger dieser Bildungen.

Die Entstehung der Knöllchen durch Infektion von Außen hat auch Verf. beobachtet. Er unterscheidet zwei Arten der Infektion: 1) die Einwanderung mittelst Infektionsfadens und 2) die Einwanderung ohne Infektionsfaden. Der Infektionsfaden ist das, was *Beyerinck* als Ueberreste der Kerntonnen und *Prazmowski* als Hyphenschlauch bezeichnet hat. Verf. hält ihn für eine Bildung des Plasmas der Nährpflanze, bestimmt zum Einfangen und Hereinleiten der Bakterienwärmer. Das Fehlen des Fadens bei einigen Arten (*Lupinus*, *Phaseolus*) erklärt sich daraus, daß hier die durch die Infektion bewirkte Plasma-Umwandelung nicht in den inneren Rindenzellen, sondern schon in den unter der Epidermis liegenden Rindenzellen oder in den Epidermiszellen selbst vor sich geht. Die infizierten Zellen erhalten ein stark glänzendes Plasma, welches Verf. mit dem Namen *Mykoplasma* belegt. Der infizierende Organismus wird vom Verf. als mikrokokusartig bezeichnet und gleichfalls mit einem neuen Namen (*Rhizobium leguminosarum*) belegt. Die Mikrokokken vermehren sich ungeheuer

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. XII. 1889. S. 105.

<sup>2)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. XII. 1889. S. 108. — Bd. XIII. 1890. S. 74.

mit dem Wachsthum der Zellen und gehen in den aus dem Plasma sich differenzirenden Bakteroiden auf, in welchen zwei, drei, vier und mehr Mikrokokken hinter einander liegend unterschieden werden können. Bei der Auflösung der Bakteroiden bleiben die in ihnen eingeschlossenen Mikroben zurück.

Verf. hat mit Bakteroiden aus jungen Knöllchen Kulturen im Hängetrophen in verdünnter Gelatine angestellt und das Austreten von zwei, drei, vier und mehr mikrokokkus- oder bakterienartigen Schwärmern aus den Bakteroiden beobachtet. Die Schwärmer vermehren sich stark und durchlaufen oft verschiedene, an Bakteroiden bekannte morphologische Zustände.

Die Bakteroiden kommen, wie schon *Beyerinck* beobachtete, nicht nur in den Knöllchen, sondern auch in den gewöhnlichen Wurzelzellen vor. Verf. fand dieselben Gebilde auch in den oberirdischen Organen, in den Parenchymzellen der Stengel, Blattstiele, Blatttrippen, bei der Bohne auch in den Früchten. Als aber Erbsen und Lupinen in sterilisirtem Boden gezogen wurden, wo keine Wurzelknöllchen entstehen, fanden sich auch in den oberirdischen Organen keine Bakteroiden. Hieraus schließt Verf., daß durch die Einwanderung des Knöllchenmikrobion das gesammte Plasma der Leguminosenpflanze infiziert werde und eine neue veränderte Beschaffenheit annehme. Bei der Bohne (*Phaseolus vulgaris*) wurden sogar in den Zellen der Keimblätter des jungen, noch in der Bildung begriffenen Embryo deutliche Bakteroiden gefunden. „Hier wäre also schon der Embryo durch die Mutterpflanze infiziert. Vielleicht giebt diese letztere Beobachtung den Schlüssel zur Erklärung der Thatsache, daß im sterilisirten Boden, wo z. B. Erbse und Lupine prompt ohne Knöllchen bleiben, *Phaseolus vulgaris* ebenfalls Wurzelknöllchen bekommt, wie ich bei allen meinen Versuchen mit dieser Pflanze gefunden habe, und wie auch *Tschirch* bereits beobachtet hatte.“

Des Weiteren führt Verf. aus, daß bei der Bohne das Knöllchenmikrobion nur ein Parasit sei, welcher von der Nährpflanze ernährt werde, dieser aber keinen Dienst leiste; daß dagegen bei der Lupine und Erbse die Lebensthätigkeit der ganzen Pflanze durch das Knöllchenmikrobion gekräftigt werde. Die Kräfte, welche die Lupine und die Erbse durch Ernährung mit Humus erhalten, werden ihnen auch durch den Knöllchenpilz verliehen; „wo Humus genügend vorhanden ist, haben die Knöllchenpilze für die Pflanze keinen Nutzen und sind völlig entbehrlich; wo aber Humus fehlt, ersetzen sie ihn in seiner Wirkung“.

**H. M. Ward.** Ueber die Knöllchen an den Wurzeln der Leguminosen, mit besonderer Rücksicht auf die Erbse und die Bohne. *Proceedings of the Royal Society.* 1889. Vol. XLVI. p. 431. — *Naturw. Rundschau.* 1890. Nr. 15. S. 194.

Der Verf., welchem das Verdienst zukommt, die Frage der Leguminosenknöllchen zuerst experimentell geprüft zu haben, giebt in vorliegender Mittheilung zunächst eine Uebersicht über die bei früheren Untersuchungen von ihm gewonnenen Ergebnisse. Er hatte bereits damals festgestellt, daß die Knöllchen von *Vicia Faba* in Folge der Infektion gebildet werden, und daß letztere in dem Eindringen eines hyphenähnlichen Fadens in das Wurzelhaar besteht; der Faden geht von einem glänzenden Punkt aus an der Seite oder an der Spitze des Wurzelhaares, durchdringt die Höhlung desselben, sodann die Zellen der Wurzel-



rinde und verzweigt sich in den innersten Rindenzellen, die er zur Theilung und damit zur Knöllchenbildung anregt. Verf. hat auch bereits die Bakteroiden beschrieben, welche er „gemmules“ nannte. Er glaubt nämlich, daß sie von dem hyphenähnlichen Faden durch Knospung gebildet werden und sich durch Knospung vermehren. Der erwähnte glänzende Punkt ist nach Verf. ein solches „gemmule.“

Weiters berichtet dann Verf. über neuerdings (1888) angestellte Versuche. Er nahm Infektionsversuche vor, indem er Erbsen und Bohnen in sterilisirtem Sande keimen ließ, und dann die jungen Pflänzchen in der Weise weiter kultivirte, daß die Wurzel in eine wasserdampfreiche, Luft enthaltende Flasche tauchte. Mittelst einer Kapillarröhre wurde eine Mischung von Wasser mit Bakteroiden der Bohne auf das Würzelchen sowohl der Bohnen- wie der Erbsenkeimlinge gespritzt. Es trat immer, auch bei den Erbsen, Infektion ein. Zuerst erscheint ein sehr glänzender, farbloser Punkt in der Substanz der Zellwände des Wurzelhaares. Er wird bald größer und entwickelt einen langen, röhrenförmigen Fortsatz, welcher in's Innere des Wurzelhaares hinein wächst und dann die Rinde befällt. Dieser glänzende Fleck ist also der Entstehungspunkt des infizirenden Fadens und er kann nach der Art der Versuchsanstellung nur von einem der auf das Würzelchen gelangten Bakteroiden herkommen. Dieses heftet sich an das Wurzelhaar fest, durchdringt die zarte Zellulosewand und wächst auf Kosten des Zellinhaltes zu einem hyphenähnlichen Faden aus.

Versuche, die Verf. über die physiologische Bedeutung der Wurzelknöllchen anstellte, ergaben, daß Pflanzen, welche nur so viel assimiliren, wie für das Wachstum und den sofortigen Bedarf der Pflanze nothwendig ist, nur kleine Knöllchen mit wenig Bakteroiden bilden. Er schließt daraus, daß die symbiotische Anpassung so groß ist, daß schon geringe Störungen in den Wachstumsbedingungen die Entwicklung des knöllchenerzeugenden Organismus hindern.

Verf. bespricht endlich die Arbeiten *Prazmowski's* und kommt zu dem Schluß, daß der einzige wirkliche Streitpunkt zwischen den beiderseitigen Ansichten in der Natur und dem Ursprung der Bakteroiden besteht; Verf. erklärt sie für äußerst kleine, knospende „gemmules“, während sie *Prazmowski* mit *Beyerinck* für echte Bakterien ansieht. Verf. ist mit den angestellten Kulturversuchen der Bakteroiden zu keinem sicheren Ergebniß gelangt.

**R. Sack. Vorschläge zur Reform des Ackerbaues.** Als Manuskript gedruckt. Plagwitz-Leipzig. 1889.

Davon ausgehend, daß die Landwirthschaft bei dem jetzt üblichen Betriebe die Konkurrenz der billig produzierenden Länder nicht ertragen kann und daß Palliativmittel auf die Dauer nichts helfen können, kommt Verf. zu dem Schlusse, daß angestrebt werden müsse: mehr zu produziren, mit größerer Sicherheit zu produziren und dabei billiger zu produziren, und glaubt die Mittel dazu zu finden: in der Beherrschung der Bodenfeuchtigkeit, der Lüftung, Erwärmung und Befruchtung des Bodens, in der Benutzung und Ausnützung der von der Natur aus gebotenen Kräfte und in der sachgemäßen Anwendung der Dampf- und Windkraft und aller sonst durch die Technik neuerdings gebotenen Hilfsmittel.

Verf. ist mit der praktischen Ausführung seiner Ideen vorgegangen, indem er auf einem zu dem Zwecke erkauften Areal von 14 ha die erforderlichen Einrichtungen getroffen und die Kulturen begonnen hat. Dem aufgestellten Plane entsprechend hat er das Versuchsareal zunächst drainirt und zwar dabei den Hauptstrang mit eisernen Röhren, die Sammeldrains mit zementirten Thonröhren und nur die Saugdrains mit gewöhnlichen Drainröhren hergestellt, dabei bei jedem Sammeldrain an der Einmündung Verschlüßvorrichtungen und am Anfang des Sammeldrains Kopfkontrolständer angebracht. Das Drainagewasser läuft nach einem Reservoir, bezw. nach einem Sammelteiche und von da in einen Graben, welcher sich an einer Ecke des Feldes befindet. Ebendasselbst ist das Stationsgebäude mit Maschinenhaus, Windmotor etc. und ein Stallgebäude und Wohnungen. Der Stall ist so eingerichtet, daß unter demselben sich die Düngergrube befindet, so daß der Dünger direkt aus dem Stall in die Grube geworfen werden kann; neben der Düngergrube befindet sich die Jauchegrube (beide zementirt), so daß die Jauche sofort dahin abläuft. Der Dünger wird in der Grube mit geschnittenem Stroh gemischt, so daß Vertheilen und Unterackern desselben gleichmäßig erfolgen kann. Es kann auch künstlicher Dünger in die Grube gebracht und durch Wasserzuführung gelöst und dem Jauchebehälter zugeführt werden. Für bequeme Abfuhr des festen Düngers ist gesorgt. Die Dünger- und Jauchegrube ist gewölbt und gut geschlossen, so daß die Ausdünstungen nicht entweichen können. Die daselbst sich ansammelnde Ammoniakluft kann in das Röhrennetz des Feldes beliebig eingepumpt werden. Ebenso ist ein Retortenofen vorhanden, in welchem aus allerlei Abfällen Gase erzeugt, durch eine Luftpumpe aufgesaugt und dem Felde zugeführt werden können, und endlich ist die Vorrichtung getroffen, aus dem Maschinenhause erwärmte Luft einzuführen. Bei der Wasserzuführung kann beliebig mehr oder weniger Jauche zugesetzt werden.

Ebenso kann jede Abtheilung des Feldes besonders mit Wasser oder Luft versorgt werden. Bei normalem Betriebe kann die Rotationspumpe 800—1000 l in der Minute und die Luftpumpe 12 cbm Luft dem Felde zuführen. Ueber dem Hauptrohrstrange liegen die Geleise für die Lokomobilen und die Feldbahn, auf welchen einestheils die Dampfmaschine bei der Dampfmackerei leicht bewegt wird, und anderentheils die Lowrys für Dünger-, Erntetransport etc. laufen. Für die Ausführung des Dampfmackereibaus hat *R. Sack* Vorrichtungen hergestellt, welche an jeder Lokomobile leicht anzubringen sind, sowie für die vorliegenden Zwecke besonders geeignete Dampf-Ackerinstrumente konstruirt. Daß die Dampf- und Windkraft ebenso gleichzeitig zum Dreschen, Häckselschneiden, Strohpressen Verwendung findet, ist selbstverständlich.

Im vorigen Jahre haben die ersten Versuche in beschränktem Maße stattfinden können. Die Einrichtungen bei der Dampfkultur haben sich bewährt, und ebenso hat die unterirdische Befeuchtung und Düngung, besonders aber die Luftzuführung auffallende Resultate geliefert. Die letztere unterirdische Düngung hat sich, gegenüber der wässerigen, auf einer weit größeren Fläche, auch auf Nebenparzellen miterstreckt. Es haben sich Ertragsdifferenzen gegen die nicht so behandelten Parzellen gezeigt: bei Weizen von 730 Pfd. zu 450 Pfd. per Morgen, bei Hafer von 20 Ctr. zu 8,75 Ctr., bei Rüben von ca. 400 Ctr. zu 250 Ctr. Solche Erfolge müssen die Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Man wird

daher mit Interesse die ferneren Resultate in diesem Jahre zu verfolgen haben. Es wäre wünschenswerth, daß auch an anderen Orten gleichzeitig Versuche nach der einen oder anderen Richtung angestellt würden.

Ueber den Kostenpunkt seiner Anlagen stellt Verf. genaue Mittheilungen in Aussicht, sobald er weitere Erfahrungen bezüglich der Einrichtungen und damit erzielten Erfolge gesammelt haben wird.

Bezüglich der Details muß auf die Schrift selbst verwiesen werden, welche vom Verf. (Adresse: *Rud. Sack* in Plagwitz-Leipzig) auf Verlangen gratis bezogen werden kann. E. W.

*J. Thoulet.* Dosirung der feinen, in den natürlichen Wässern schwebenden Elemente. *Comptes rendus.* 1889. T. CLX. p. 831.

*Köbrich.* Ueber Messungen der Erdtemperatur in den Bohrlöchern zu Schladebach und Sennowitz. *Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen im pr. Staate.* 1889. Bd. XXXVII. S. 171.

*P. E. Müller.* Recherches sur les formes naturelles de l'humus et leur influence sur la végétation du sol. *Annales de la science agronomique française et étrangère.* T. I. 1889.

*von Ollech.* Ueber den Humus und seine Beziehungen zur Landwirtschaft. Berlin 1890. Bodo Grundmann.

*J. B. Lawes* und *J. H. Gilbert.* New experiments on the question of the fixation of free nitrogen. *Proceedings of the Royal Society.* Vol. 47. p. 85—118.

---

### R e z e n s i o n .

*F. Merl.* Neue Theorie der Bodenentwässerung. Ansbach, bei M. Eichinger. 1890. IV u. 70 S. 16 Abb. u. 2 Steindrucktafeln.

Der Herr Verfasser findet, daß die Theorie der Bodenentwässerung bis jetzt dieselbe unreife und unvollkommene geblieben sei, welche sie im Anfange war, und daß die Technik derselben zu starre Formen angenommen habe. Er sei darum sehr häufig bei seinen Kulturprojekten von den herrschenden Lehren abgewichen und habe noch immer sehr zufriedenstellende Ergebnisse erzielt. Seine Beobachtungen haben ihn angeregt, nach den zu Grunde liegenden Gesetzen zu forschen und er ist überzeugt, durch Veröffentlichung der gewonnenen Ergebnisse weitere Fortschritte anzubahnen.

Nach etwas umständlichen Erörterungen über den Begriff des Grundwassers und nach Anführung bekannter Formeln für die Oberflächengestalt des Grundwasserspiegels nimmt der Herr Verfasser an, daß bei dem für die Bodenentwässerung besonders wichtigen Stande, wo das Wasser zu fließen aufhört, der Grundwasserspiegel als eben und unter einen von der Bodenbeschaffenheit abhängigen Ruhewinkel geneigt angesehen werden dürfe, so daß sich zwischen zwei benachbarten Drains ein Rücken, eine „Grundwasserscheide“ bildet.

Von dieser jedenfalls statthaften und auch nicht neuen Grundanschauung ausgehend, gelangt der Herr Verfasser mittelst geistreich durchgeführter, einfacher Rechnungen zu dem Satze: „Jeder wirksame Punkt einer Drainage entwässert eine Fläche von der Gestalt eines Kegelschnittes, und zwar liegt in dessen unterem Brennpunkte der entwässernde Punkt“. Dieser Satz und die unmittelbar daran sich knüpfenden Betrachtungen bilden das eigentlich Neue in dem Werkchen, und es ist nicht in Abrede zu stellen, daß derartige Untersuchungen geeignet sind, über die oft recht einfachen Gesetze, welche scheinbar äußerst verwickelten Vorgängen zu Grunde liegen, Licht zu verbreiten und praktische Fortschritte anzubahnen — vorausgesetzt daß die Ergebnisse allzeit unbefangen und eingehend geprüft werden an der Hand der in der gesammten Fachwelt zu Tage tretenden Erfahrungen. Wenn wir somit das Verdienstvolle der Bestrebungen des Herrn Verfassers und der durch ihn gegebenen Anregungen gerne würdigen, so vermögen wir gleichwohl einer Theorie mit vollem Vertrauen nicht zu begegnen, so lange sie mit den reichen Erfahrungen, wie sie bis jetzt vorliegen, sich nicht vollständig deckt, als es bei dieser „neuen Theorie der Bodenentwässerung“ der Fall ist. Der Herr Verfasser macht in dieser Richtung allerdings wenig Umstände. Die grundlegenden Werke über Drainage, worin die Gesichtspunkte klar dargelegt sind, welche nicht als Schablone, wie der Herr Verfasser meint — denn für den denkenden Ingenieur, der zu beobachten und seine Erfahrungen geschickt zu verwerthen versteht, giebt es keine Schablone — wohl aber als Richtschnur dienen können, führt er gar nicht an; dagegen wird eine Reihe von Ungereimtheiten, wie sie zum Theil in Büchern sich finden, die ohne praktische Erfahrung und selbstständiges Urtheil zusammengeschrieben wurden, mit Einwendungen widerlegt, welche jedem Fachmann längst geläufig sind, und anderseits werden Wahrnehmungen auf Grund der „neuen Theorie“ zu erklären versucht, die sich auch vom seitherigen Gesichtspunkte ganz ungezwungen begründen lassen. Befremdend wirkt es auf den kundigen Leser, wenn gleich die Vorrede sich wegwerfend äußert über „das vielfach unklare und lückenhafte Haufwerk, welches einzelne Techniker aus England, dem Mutterlande der Drainage, zu uns gebracht haben“; wenn (S. 18) *Johnstone* für einen Schüler *Elkington's* ausgegeben wird; wenn der Verfasser „so weit ihm die Fachliteratur bekannt“ *Leclerc* als den Begründer der heute giltigen Anschauungen annimmt; wenn er zu übersehen scheint, wie *Elkington's* Verfahrensart nur deshalb auf Abwege führte, weil man darin etwas anderes erblicken wollte als die glückliche Lösung einer ganz besonderen Aufgabe, die in England sich häufig wiederholte; und wenn er gar S. 39 sich zu der Redensart versteigt: „Mit der Ausdehnung der Drainage in England mag auch deren Anlage und Ausführung mehr und mehr in die Hände gewöhnlicher Unternehmer übergegangen sein, welche den Mangel ihres Wissens (!) durch eine Schablone zu ersetzen suchten, und daran unverbrüchlich festhielten“, u. dgl. mehr!

Wie will man solche Behauptungen in Einklang bringen mit den riesigen Erfolgen der Drainage in England, mit dem Forscherblick und Forschereifer, der englische Ingenieure auf allen Gebieten mit in erster Reihe vorzuschreiten von jeher befähigt hat? Sollte man da nicht versucht werden, zu glauben, der Herr Verfasser habe sich um das, was außerhalb Deutschlands geschrieben, und um

das, was außerhalb der Pfalz gearbeitet worden, nie recht bekümmert? Wie stimmt derlei zu jener „Gründlichkeit“ in allen Dingen, welche gewissermaßen gepachtet zu haben man bei uns bis zum Ueberdruße in aller Bescheidenheit sich selbstgefällig brüsten hört? Der Herr Verfasser schließt eben aus seiner Theorie, daß „Kopfdrainage“ das allein seligmachende, Paralleldrainage aber eine Ausgeburt geistiger Blindheit sei, welche, wie er meint, so weit geht, daß sogar die Gepflogenheit, an der obersten Stelle einer Paralleldrainage einen Kopfdrain zu legen, mehr und mehr zu verschwinden beginne. Die „neue Theorie“ führt in dem keineswegs an der Grenze des Möglichen gelegenen Falle, wo die Geländeoberfläche gleichlaufend wäre mit dem unter dem Ruhewinkel geneigten Wasserspiegel zu einem Ergebnisse, aus welchem der Herr Verfasser schließen zu müssen glaubt, daß dann die Wassertheilchen mit größter Sicherheit in Kopfdrains, aber so gut wie gar nicht mehr in Paralleldrains gelangen würden. Wäre es aber nicht auch denkbar, daß, wenn in dieser Weise überhaupt Wasser abflösse, dasselbe nicht in die Kopfdrains hinein, sondern einfach darüber hinwegrinnen würde? Wenn es nämlich richtig ist, daß in diesem Falle der Paralleldrain nur denjenigen Wasserfaden auffängt, in dessen Wege er eben liegt, dann muß wohl auch zugegeben werden, daß in den Kopfdrain nur jene Wasserfäden hineingelangen, welche gerade auf eine Stoßfuge treffen, um (zum Theil wenigstens, und um so leichter, je durchlässiger der Boden) auf der anderen Seite wieder hinaus und weiter zu fließen — die alte Einwendung der strenggläubigen Paralleldrainer, welche doch auch auf Erfahrungen beruht. Uebrigens ist nicht zu begreifen, daß der Herr Verfasser, wenn er von Zeit zu Zeit — und zwar nicht bloß im Wege der so häufig lückenhaften und auch zuweilen unverlässlichen Litteratur, sondern mit eigenen Augen — Umschau gehalten, wie man es anderswo macht, wo man ebenfalls zu arbeiten versteht, nicht die Beruhigung gewonnen hat, daß es auch anderen einsichtsvollen Ingenieuren gar nicht einfällt, muckermäßig starr am Buchstaben irgend welcher Vorschriften sich festzuklammern, daß man auch anderswo Abweichungen sich gestattet, sofern man es als angemessen erkennt, und dadurch gleichfalls sehr befriedigende Ergebnisse zu erzielen weiß.

Wenn wir nun den Eindruck zusammenfassen, den wir beim Durchlesen des Werkchens gewonnen haben, so möchte es uns scheinen, als ob der Herr Verfasser vielleicht besser gethan hätte, nur das wirklich neue und beachtenswerthe aus seiner Arbeit in einer Zeitschrift den Fachgenossen vorzulegen, welche er zur geistigen Mitarbeit auf dem betretenen Gebiete behufs weiteren Ausbaues der durch ihn gegebenen Anregungen zu gewinnen hofft. Jede fachmännische Erörterung, sie mag von feststehenden oder zweifelhaften neuen Lehren ausgehen, trägt ihr Scherflein zum Fortschritte der Wissenschaft bei. Es wäre daher zu bedauern, wenn durch unwesentliches oder einseitig angehauchtes Beiwerk manchem wackeren „Altgläubigen“, dem aber der Gegenstand eben so ehrlich am Herzen liegt, und der eben so Gutes geschaffen zu haben glaubt wie der Herr Verfasser, ein sachgemäßes Urtheil erschwert, und er von einem liebevollen Eingehen in die Sache abgeschreckt würde.

F. K.

## II. Physik der Pflanze.

*Untersuchungen zu den physiologischen Grundlagen der Pflanzenkultur.*

Dritte Abhandlung.

### Das Schröpfen und Walzen der Getreidesaaten als Mittel gegen Lagerung.

Von Professor Dr. C. Kraus in Weißenstephan.

#### Erster Theil: Die Ursachen der Lagerung.

Das Schröpfen üppiger Getreidesaaten zur Verhütung des Lagerns ist sicher schon von Alters her in Übung, aber auch das Niederwalzen der üppigen Frucht dürfte schon seit langer Zeit als zum nämlichen Zwecke brauchbar erkannt sein, wenn es auch als Mittel gegen Lagerung viel weniger geübt und vielen Landwirthen als solches Mittel zur Zeit überhaupt nicht bekannt ist. Historische Studien über das Alter dieser Mittel habe ich mir nicht als Aufgabe gesetzt. *Nowacki*<sup>1)</sup> erwähnt, daß das Schröpfen schon zu *Theophrast's* Zeiten auf den fruchtbaren Böden Thessaliens angewandt war, um allzu üppige Saaten vor dem Lagern zu schützen. Uralt ist jedenfalls auch das Verfahren der Bauern in Mesopotamien, welche sich im Januar und Februar damit befassen, ihre Gerstenfelder abzublatten oder auch von Pferden und Rindern abweiden zu lassen<sup>2)</sup>.

Man kann sich verschiedene Zufälligkeiten denken, welche zur Auf-  
findung der genannten Mittel geführt haben. Es konnte leicht vor-  
kommen, daß Hausthiere oder Hirsche, Rehe u. dgl. einen üppigen Acker

<sup>1)</sup> *Nowacki*, Getreidebau. S. 196.

<sup>2)</sup> Allgemeine Brauer- und Hopfenzeitung. 1889. Nr. 11.

zum Theil abfraßen, oder daß die Futternoth dazu brachte, einen üppigen Acker abweiden zu lassen oder abzumähen, hinterher beobachtete man aber, daß die in solcher Weise eines Theils ihrer Organe beraubten Pflanzen nicht lagerten, während unbeeinträchtigte auf Äckern daneben zur Lagerung kamen. Übrigens ist es auch ein naheliegender Ideengang, daß man die üppigen, erfahrungsgemäß besonders leicht lagernden Saaten durch Wegnahme eines Theils ihrer Blätter auf den mageren Zustand der weniger üppigen Saaten zu reduzieren hoffte. Schon der Name „Schröpfen“ deutet auf diesen Ideengang hin. Ebenso können auf die Wirksamkeit des Walzens als Mittel gegen drohende Lagerung zufällige Beobachtungen geführt haben; so z. B. das Nichtlagern einzelner Stellen eines üppigen Ackers, an denen die Pflanzen zufällig durch Menschen oder Thiere niedergetreten waren, oder es mochten die Pflanzen in der Jugend durch schwere Regen oder Hagel niedergeworfen sein, so daß sie wie gewalzt am Boden lagen, während sie sich in der Folge wieder aufrichteten und von der Lagerung verschont blieben.

In der Litteratur wird bei Erörterung der Mittel gegen Lagerung des Schröpfens überall, des Walzens dagegen meist nicht oder höchstens in unzureichender Weise Erwähnung gethan. Auf verschiedene diesbezügliche Angaben wird bei Gelegenheit der Besprechung der Art und Weise, in welcher das Walzen gegen die Lagerung wirkt, zurückzukommen sein. Hier sollen blos etliche in neuester Zeit bekanntgemachte praktische Erfahrungen über den Erfolg des Niederwalzens üppiger Saaten angeführt werden<sup>1)</sup>.

In Ehebeben wurde eine Breite von 60 Morgen Weizen, der im Frühjahr sehr kräftig stand und voraussichtlich der Gefahr des Lagerens entgegenging, in der Höhe von gut 12 Zoll mit einer leichten glatten Walze zur Hälfte niedergewalzt, während die andere Hälfte ungewalzt blieb. Der gewalzte Weizen erhob sich nach einiger Zeit vollständig, war aber in seiner übermäßigen Vegetation gehemmt. Die Ernte ergab für den gewalzten Weizen auf den Morgen 17, für den ungewalzten 13

<sup>1)</sup> Landw. Zentralblatt für die Provinz Posen. 1887. Nr. 23, sowie in anderen landw. Zeitungen. — Einen Fall aus dem Jahre 1869 zitiert *Sorauer* (Handbuch der Pflanzenkrankheiten. 2. Aufl., I., S. 482). Weizen, der nahe daran war, in die Aehren zu schießen, wurde gewalzt. Die nicht gewalzte Frucht lagerte und gab 6 preußische Scheffel pro Morgen weniger als die gewalzte auf demselben Feldstück.

Scheffel. Ebenso wurde auf mehreren anderen Gütern üppiger Weizen mit dem Erfolge gewalzt, daß die Lagerung unterblieb. Ein Gerstenacker, der bei einer Höhe der Pflanzen von 1 Fuß sehr große Neigung zum Lagern zeigte, wurde niedergewalzt. Die Gerste erhob sich bald, sie wurde aber nochmals zu üppig und in einer Höhe von 15 Zoll wiederholt gewalzt. Von da ab entwickelte sie sich ganz normal und lieferte eine gute Ernte.

Auch bei Roggen wurde vom Niederwalzen Anwendung gemacht. Ein Landwirth ließ einen Roggen, der bereits  $1\frac{1}{2}$  Fuß lang war und Lagerung befürchten ließ, walzen. Zufällig trat während der Arbeit Regen ein, weshalb das Walzen unterbrochen wurde. Der gewalzte Theil des Feldes blieb vollkommen aufrecht, während sich der nicht gewalzte schon vor der Blüthe umlegte.

Anstatt zu walzen, werden die Saaten wohl auch mit der umgekehrten Egge überzogen.

Zur physiologischen Begründung der Art und Weise, in welcher die Wirksamkeit des Schröpfens und Walzens bei der Verhinderung des Lagerens zu Stande kommt, liegen zur Zeit keine Untersuchungen vor. Man behilft sich mit Erklärungen, welche größere oder geringere Wahrscheinlichkeit für sich haben mögen, aber natürlich eine thatsächliche Prüfung des Sachverhalts nicht ersetzen können. Eine experimentelle Verfolgung durch den feineren, wie durch den Feldversuch, unter genauer Berücksichtigung der für den Erfolg maßgebenden Umstände, liegt auch im praktischen Interesse, da ohne auf diesem Wege gewonnene bessere Einsicht in das Wesen der beiderlei Mittel auch die zweckmäßige Anwendung derselben erschwert ist. Namentlich erscheint es immerhin gewagt, an das Niederwalzen einer schon weit entwickelten Saat zu gehen, ohne genauere Kenntniß, wann dasselbe am besten vorzunehmen ist, und wie man dasselbe vorzunehmen hat. Es wurden denn auch in der Praxis mehrfach nachtheilige Folgen des Niederwalzens beobachtet.

Die Begründung der Wirkungsweise der besagten Mittel gegen Lagerung hat die Erkenntniß der Ursachen des Lagerens vorauszusetzen. Es möchte vielleicht überflüssig erscheinen, über die inneren Ursachen des Lagerens, also über den besonders durch den Mangel an Biegungsfestigkeit gekennzeichneten Zustand der Halme resp. der unteren Internodien, nochmals zu verhandeln, nachdem doch die landwirtschaftlichen



und physiologischen Schriften sich hieftber eingehend verbreiten. Aber diese Darstellungen gehen alle von der Ansicht aus, daß seit den *Koch'schen* Versuchen eine vollkommene Durchsichtigkeit der ursächlichen Verhältnisse bestehe. Sieht man aber genauer zu und analysirt des Näheren die Umstände, unter denen das Lagern zu Stande kommt, so muß man zu der Ansicht kommen, daß die vermeintliche Klarheit keineswegs besteht, und daß die *Koch'sche* Theorie einseitig ist, deshalb auch für viele thatsächliche Vorkommnisse keine genügende Erklärung in sich schließt.

Im Folgenden sind natürlich nur diejenigen Erscheinungen berücksichtigt, welche bei der Lagerung im gewöhnlichen Sinne vorkommen. Verschiedene anderweitige Vorkommnisse z. B. Frostbeschädigungen der bereits entwickelten Halmglieder (*Sorauer*) können ebenfalls Lagerung hervorrufen, haben aber mit den uns hier beschäftigenden Fragen nichts zu thun. *Gronemeyer* u. A. wollen den Begriff des Lagerns beschränkt wissen auf solche Fälle, wo die Frucht sich niederlegt, ohne daß dies unmittelbar durch Wind oder Regen verursacht wird; solche Pflanzen dagegen, welche sich erst in Folge derartiger äußerer Einflüsse umlegen, seien als normal gewachsen zu betrachten. Ich halte diese Unterscheidung nicht für naturgemäß. Denn wenn es auch richtig ist, daß die äußeren Kräfte derart vehement wirken können, daß auch der biegungsfesteste Halm sich umlegt oder geknickt wird, so läßt sich doch im Übrigen keine strenge Grenze ziehen zwischen der Lagerung mit und ohne Regen und Wind<sup>1)</sup>, es handelt sich nur um gradweise Abstufungen der Steifheit der Halme einerseits, der wirksamen äußeren Kräfte andererseits. Die Pflanze muß sich naturgemäß so ausbilden, daß sie den durchschnittlich auf sie einwirkenden Kräften durch ihre Steifheit Widerstand leisten kann. Ohne Wind und Regen würden die wenigsten Felder zum Lagern kommen, wir sehen gewöhnlich, daß üppige Felder meist erst mit Eintritt ausgiebiger Regen sich umlegen, während die weniger üppigen aufrecht bleiben. Schon ein sanfter Regen, der durch seine mechanische Gewalt nicht wirken kann, kann dadurch zum Umlegen führen, daß die

---

<sup>1)</sup> „Man versteht unter dem Lagern das Einknicken der unteren Halmglieder besonders bei dauerndem Regenwetter.“ *Sachs*, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. I. S. 347.

Halme und Blätter durch reiche Wasseraufnahme in das Innere schwerer werden, während das oberflächlich anhaftende Wasser die vom Halme zu tragende Last noch steigert. Auch zwischen dem, was man bei den Pflanzen eines Getreidefeldes normal und nicht normal nennen soll, giebt es keine sicheren Grenzen. Gegenüber der Entwicklung einer vollkommen freistehenden Pflanze — wenn diese den normalen Wuchs repräsentiren soll — sind die im geschlossenen Bestande erwachsenden Pflanzen mehr oder weniger abnorm, das eine Mal kann die Abweichung so weit gehen, daß die Halme sich unter dem Zug des eigenen Gewichts umlegen, auch wenn sie sozusagen unter einem Glassturze sich befänden, das andere Mal müssen zum Zug des Gewichts mehr oder weniger ausgiebige äußere Kräfte hinzutreten, wenn Lagerung geschehen soll,

Zunächst sind die im Laufe der Zeit aufgetauchten Ansichten über die Ursachen des Lagerns der Getreide genauer zu erörtern und kritisch zu erläutern, um schließlich zu versuchen, die Ursachen der Lagerung in zusammenfassender Weise vorzuführen, soweit dies nach dem augenblicklichen Stande der Kenntniß möglich ist. Bei der Litteraturübersicht muß auch auf die Anschauungen der älteren landwirthschaftlichen Schriftsteller Bezug genommen werden, um so mehr, da neben der jetzt anerkannten Theorie, welche als Ursache der zum Lagern führenden mangelhaften Biegungsfestigkeit und Elastizität der Halme nur die mangelhafte Beleuchtung der untersten Internodien anerkennt, in neuester Zeit mehrfach auf die älteren Ansichten zurückgegriffen wurde. Als Repräsentanten der älteren Schriftsteller, die sich nicht damit begnügten, bloß die äußeren Erscheinungsformen des Lagerns und die begleitenden Umstände anzugeben, sondern sich auch mit den Ursachen befaßten, wähle ich *Thaer* und *Schwarz*. Wenn dieselben auch keine experimentellen Untersuchungen vornahmen, so haben sie doch die Lagerung unter verschiedenen Verhältnissen genau beobachtet und zur Erklärung Verschiedenes beigezogen, was später fast ganz in Vergessenheit gerathen ist oder für ganz nebensächlich gehalten wurde. Aber gerade die genaue Beobachtung der verschiedenartigen Verhältnisse, unter denen das Lagern auftritt, verleiht den Ansichten der genannten Autoren ein besonderes Gewicht, während verschiedenen neueren, besonders nicht landwirthschaftlichen Autoren die genauere Vergleichung des Verhaltens verschieden dichter Saaten bei verschiedenen Verhältnissen des Bodens, der Lage und des Witterungsver-

laufs, wie man solche Vergleichung eben in der Mannigfaltigkeit der Praxis zu machen Gelegenheit hat, vollständig ferne gelegen ist.

### Litteraturübersicht.

*Thaer* giebt an<sup>1)</sup>, daß starke Düngung (mit flacher Ackerung) und sehr dichte Saat am häufigsten zur Lagerung führen. Indessen ist es nicht der dichte Stand der Halme an sich, der zum Lagern führt, sondern die Schwäche der Pflanzen, welche bei dichtem Stande entsteht, sowie das beschleunigte Schossen, welches unter diesen Umständen zu Stande kommt. Mehr bestockte als in der Jugend gedrängte Pflanzen schützen dagegen. Es kann der Fall sein, daß zufolge der schwächlichen Halme ein schwächer besetztes Feld zum Lagern kommt, während ein dicht besetztes daneben aufrechtsteht. Bei den mehr bestaudeten als in der Jugend gedrängten Pflanzen hat der Halm unten mehr Stärke, dort ist er zu schnell in die Höhe getrieben und hat seine Länge und vielleicht die Stärke seiner Blätter auf Kosten seiner eigenen Stärke bekommen. Alles geil gewachsene Getreide zeigt ein Ueberverhältniß des Wasserstoffs gegen den Kohlenstoff und folglich Schwäche an. Nur verhindert öfter die Witterung, daß trotz dünner Saat das Getreide nicht nur dicht, sondern auch starkhalmig wird. „Auch im Frühjahr muß eine gute Saat mehr in Nebenschüsse als in die Höhe treiben, sich auf dem Boden verbreiten und erstarken. Hierzu trägt zwar die Natur einer gesunden, starken Saat Vieles bei; aber die Witterung muß günstig sein, die Wärme im April und im Anfang des Mai sehr gemäßigt, wenn es auf das Vollkommenste geschehen und der Grund zu dichtem und starkhalmigem Getreide gelegt werden soll.“ Die Witterungsverhältnisse können auch einen vorher spärlich stehenden Weizen so in der Bestockung fördern, daß Lagerungsgefahr entsteht. „Wenn auf einem kraftvollen Acker die Weizenpflanzen, die vorhin vielleicht zu spärlich darauf zu stehen schienen, sich nun zu bestauden und auszubreiten anfangen und ihre mastigen Blätter und Nebenschüsse hervortreiben, so tritt die Besorgniß eines zu geilen Wuchses und daraus folgender Lagerung manchmal ein.“

Vom Einfluß der Witterung redet auch *Schwerz*<sup>2)</sup>. Das Getreide

<sup>1)</sup> *Thaer*, Grundsätze der rationellen Landwirtschaft. Bd. IV. S. 34 ff.

<sup>2)</sup> *Schwerz*, Praktischer Ackerbau. Bd. II. (1837.)

ist zum Lagern disponirt durch einen Zustand der Feistigkeit, in welchen es auf nährreichen Böden geräth oder auch auf weniger nährreichen, wenn die Frühjahrswitterung sehr günstig ist. Umgekehrt kann das geile Wachstum durch Witterungsverhältnisse, z. B. scharfe Winde gehemmt, und dadurch das Lagern verhindert oder wenigstens vermindert werden. Wenn üppige Frucht mit Kalk, Asche oder Ruß bestreut werde, so helfe das gegen Lagerung, weil hiedurch das Stroh steifer werde. Es wird auch ein Versuch zitiert, bei welchem ein dünn besätes Weizenfeld vollkommen schön und dicht stand, während auf dem anstoßenden, dicht besäeten Felde die Frucht größtentheils lagerte. Daß die Art und Varietät bei der Disposition zum Lagern von Einfluß ist, ist dem Autor sehr wohl bekannt.

Diese Autoren geben keine zusammenhängend formulirte Darstellung ihrer Ansichten, man wird aber dieselben etwa in folgender Weise zusammenfassen können.

Die Halme lagern in Folge des besondern Zustandes der Schwächlichkeit d. h. hier des Mangels an Steifheit, in welchen sie durch verschiedene Ursachen gelangen können: 1. Durch die Art der Entwicklung schon vor dem Schossen, indem diese darauf Einfluß übt, ob die Halme schwächer oder stärker werden. Bei einer dünnen Saat werden die einzelnen Pflanzen kräftiger und treiben später stärkere Halme als bei einer dichten Saat. Dies ist die Ursache, warum dünnere Saaten bei sonst gleichen Verhältnissen weniger leicht lagern als dichte, wenn auch der Stand der Halme schließlich gleich dicht oder sogar bei der dichten Saat schütterer ist. 2. Durch die Art des Verlaufs des Schossens, indem die Beschleunigung desselben bei dichten Saaten auf Halmchwächung hinwirkt. 3. Durch üppige Ernährung, indem hiedurch geiler Wuchs entsteht, der mit geringerer Halmfestigkeit verbunden ist. 4. Durch üppiges Wachswetter, indem dasselbe ebenfalls auf geilen Wuchs hinwirkt, das Getreide zu rasch in die Höhe treibt und es schwachhalmig macht. Auch bei ursprünglich dünn stehendem Getreide kann üppiges Wachswetter zur Lagerung führen. In Wirklichkeit können natürlich die genannten Ursachen in verschiedener Weise sich kombiniren.

Diese Anschauungen werden wohl so ziemlich Alles umfassen, was aus der unmittelbaren Erfahrung heraus, ohne spezielle Untersuchung der zum Lagern disponirten Getreide, über die Ursachen des Lagerens

ausfindig zu machen war. Auffällig ist nur, daß den genannten Autoren der Einfluß der Beschattung entgangen ist, nachdem doch derselbe nicht selten deutlich zu erkennen ist, z. B. wenn Bäume oder Hecken am Ackerrande stehen. Eine vollkommenere Lösung des Problems konnte erst mit der Entwicklung der experimentellen Pflanzenphysiologie und unter Anwendung sonstiger wissenschaftlicher Hilfsmittel erwartet werden. Es hat sich auch die chemische Forschung mit der Frage befaßt, aber ohne zu Aufschlüssen gelangen zu können. Die Haltlosigkeit der Kieselsäuretheorie, welche die mangelnde Festigkeit der Halme auf mangelnden Kieselsäuregehalt zurückzuführen suchte, war leicht nachzuweisen. Die älteren Ansichten sucht *E. Wolff*<sup>1)</sup> zu stützen, indem er sagt: „Die Hauptursache des Lagerns ist, abgesehen von Witterungseinflüssen, in der chemischen Beschaffenheit des Bodens zu suchen, in einem Zustande desselben, welchen man den üppigen oder mastigen nennt, und der wohl die Blatt- und Stengelbildung, weniger aber die normale Körnerbildung begünstigt. Wenn nämlich der Ackerboden eine verhältnißmäßig große Menge leicht zugänglicher Kaliverbindungen enthält und außerdem reich ist an Stickstoffverbindungen, dann nehmen die Pflanzen leicht ein schwammiges, weichliches Wesen an, und die Halme erlangen nicht die nöthige Festigkeit. Man hat schon mehrfach beobachtet, daß Phosphate dem Stroh eine größere Festigkeit, hellere Farbe und erhöhten Glanz verleihen. Ebenso ist auf einem solchen mastigen Boden die Wirkung einer Kochsalzdüngung zu prüfen. Durch das Kochsalz wird der Uebergang der Phosphorsäure in die Pflanzen erleichtert und zugleich die Zersetzung der organischen Stickstoffverbindungen im Boden gemäßigt und geregelt. Die Halme, am meisten bei der Gerste, bleiben unter dem Einflusse des Kochsalzes gewöhnlich kürzer, aber sie erhalten eine größere Festigkeit und sind alsdann im Stande, schwere und sehr vollkommene Aehren zu tragen.“

Der erste, der sich physiologischerseits genauer mit der Untersuchung gelagerter Getreide befaßte, war meines Wissens *C. Gronemeyer*<sup>1)</sup>. Dessen eingehende Bearbeitung ist entweder ganz in Vergessenheit gerathen, oder wenn sie ja zitirt wird, so beschränkt man sich auf die

<sup>1)</sup> Praktische Düngerlehre. 1886. S. 158, auch in früheren Auflagen.

<sup>2)</sup> *Hamm's Agronomische Zeitung*. 1866. Nr. 46 ff.

Namensnennung, ohne daß auf den Inhalt näher eingegangen wird. Die Abhandlung liefert aber nicht nur einen, wenn auch mehrfach unvollkommenen Vergleich der morphologischen und anatomischen Verhältnisse gelagerten Getreides gegenüber nicht gelagertem, es ist auch der Einfluß der Beschattung dem Autor nicht entgangen, und schließlich sind manche der vom Verfasser mitgetheilten Thatsachen dazu angethan, Zweifel darüber zu erregen, ob die zur Zeit herrschenden Ansichten von den Ursachen der Lagerung auch wirklich eine vollkommene Erklärung der fraglichen Erscheinung bieten.

*Gronemeyer* geht von der richtigen Erwägung aus, daß zunächst die anatomischen Verhältnisse der Lagerfrucht ins Auge zu fassen seien; da äußere Verletzungen als Ursache des Schwächezustandes der Halme nicht wahrzunehmen seien, so müsse derselbe nothwendig in abnormer Entwicklung der ganzen Pflanze oder bestimmter Organe derselben seinen Grund haben. Als morphologische und anatomische Differenzen bei gelagertem gegenüber nicht gelagertem Getreide (Winterweizen und Winterroggen) wurden folgende gefunden.

1. Die Knoten gelagerten Getreides (Knoten im Sinne der gewöhnlichen Auffassung) sind länger und meist auch dicker als bei nicht gelagertem, sie scheinen mehr Eiweißstoffe zu enthalten und bei größerem Volumen eine weniger kompakte Masse zu bilden. Die anatomischen Unterschiede sind undeutlich beschrieben.

2. Die Blattspreiten gelagerten Getreides sind länger und breiter, aber weniger dicht und fest, als bei nicht gelagertem. Die Zellen haben häufig größeren Durchmesser und dünnere Membranen, auch sind vielfach in den Spreiten von Lagergetreide mehr Zellen von bedeutender Länge vorhanden; ferner enthalten die Zellen mehr Chlorophyll. Aehnliche Unterschiede fanden sich an den Blattscheiden. Anfangs sind die Blätter von zur Lagerung disponirten Getreiden von ziemlicher Turgeszenz, später haben sie bedeutende Schlawheit und Weichheit.

3. In den Internodien treten die auffallendsten Unterschiede hervor. Im Durchschnitt maßen die Internodien, von unten nach oben gezählt:

| Internodium. | Länge (cm).       |                               | Durchmesser (mm).  |                   |            |                               |                   |            |
|--------------|-------------------|-------------------------------|--------------------|-------------------|------------|-------------------------------|-------------------|------------|
|              | a. Lagergetreide. | b. Nicht gelagertes Getreide. | a. Lagergetreide.  |                   |            | b. Nicht gelagertes Getreide. |                   |            |
|              |                   |                               | Gesamtdurchmesser. | Innerer Hohlraum. | Wanddicke. | Gesamtdurchmesser.            | Innerer Hohlraum. | Wanddicke. |
| I.           | 6                 | 5                             | 2,7                | 2,1               | 0,6        | 2,5                           | 2,0               | 0,5        |
| II.          | 18                | 16                            | 3,5                | 3,0               | 0,5        | 3,0                           | 2,4               | 0,6        |
| III.         | 40                | 24                            | 3,5                | 3,0               | 0,5        | 3,0                           | 2,4               | 0,6        |
| IV.          | 50                | 32                            | 2,8                | 2,4               | 0,4        | 2,3                           | 1,9               | 0,4.       |

Die Internodien des Lagergetreides sind länger, besonders bedeutend ist die Differenz bei den höheren Internodien. Gleichzeitig sind jene des Lagergetreides etwas dicker, unter Zunahme des inneren Hohlraums, zum Theil mit Abnahme der Wanddicke<sup>1)</sup>. Anatomische Unterschiede wurden ebenfalls gefunden. „Die Internodien des Lagergetreides enthalten mehr dünnwandige und langgestreckte, aber weniger spiralförmig gebaute Zellen.“ Ferner wurde die Biegefestigkeit erprobt, indem die zu untersuchenden Halmglieder an den Enden unterstützt und in der Mitte durch Einlegen von Gewichten in ein Wagschälchen belastet wurden. Es wurde gefunden, daß vor Eintritt des Lagerens die Internodien des später gelagerten Getreides von denen des nicht gelagerten in der Festigkeit nur unbedeutend abwichen, während die Abweichung nach dem Lagern, besonders in den mittleren Internodien, bedeutend war. Beim nicht gelagerten Getreide hatten die Internodien fast durchgängig ihre Festigkeit beibehalten, in den meisten Fällen sogar erhöht, während die Festigkeit der gelagerten Halme in den mittleren, weniger in den obersten und untersten Internodien abgenommen hatte. Zahlen werden vom Verfasser nicht mitgeteilt, da er seine Versuche fortsetzen wollte, auch fehlen Angaben über Beschaffenheit und Entwicklungszustand der auf die Biegefestigkeit geprüften Internodien, vermuthlich geschah die Prüfung vor Eintritt des Lagerens an jüngeren, nach Eintritt derselben an älteren Internodien.

Die Halme des Lagergetreides erwiesen sich als wasserreicher als jene des nicht gelagerten.

<sup>1)</sup> Verf. schließt aus seinen Zahlen, daß die Gesamtdurchmesser bei gelagertem und nicht gelagertem Getreide so ziemlich dieselben seien, die Wandungen aber weniger dick. Man wird aber ersteres doch wohl den Zahlenangaben nicht entnehmen können und letzteres trifft nur theilweise, allerdings bei dem besonders wichtigen zweiten Internodium, zu.

*Gronemeyer* entwickelt folgende Theorie der physiologischen Entwicklung der abnormen anatomischen Verhältnisse des Lagergetreides. Die Halme des Lagergetreides unterscheiden sich von jenen des nicht gelagerten hauptsächlich durch ihre geringere Dichtigkeit, d. h. dadurch, daß ihre Masse dem Volumen weniger entspricht. Die Zellen ihrer Blätter und Internodien haben im Allgemeinen größere Ausdehnung und dünnere Wandung, bei den Internodien selbst ist der innere Hohlraum von bedeutenderem Durchmesser. Dies besondere Wachstum rührt von den Ernährungsverhältnissen, namentlich von der reichlichen Aufnahme von salpetersauren Salzen. Die Wirkung des Stickstoffs fördert die Ueppigkeit der Entwicklung, d. h. die Entstehung einer mastigen, aber zugleich weichlichen Masse, was man im gewöhnlichen Leben „Sichüberwachsen“ nennt. Bei allen Pflanzen, bei welchen dies Ueberwachsen stattfindet, nimmt man, wie mikroskopische Untersuchung an mehreren krautartigen Gewächsen ergab, ganz dieselben Verhältnisse wahr, wie bei Lagergetreide: größere Zellen mit verhältnißmäßig dünnen Wänden, auch größere innere Hohlräume, wo solche überhaupt vorkommen. *Gronemeyer* deutet auch an, daß, wenn die Halme mit Beginn der Körnerbildung erfahrungsgemäß am leichtesten lagern, hiebei der Umstand mitbetheiligt sein werde, daß jetzt den Halmen ein bedeutender Theil ihres Stoffgehaltes durch die sich bildenden Körner entzogen werde, während in Folge der schnellen Entwicklung des „sich überwachsenden“ Getreides die Ablagerung der zur Körnerbildung nöthigen Stoffe mangelhaft war; die zur Lagerung disponirten Halme werden hiedurch verhältnißmäßig mehr geschwächt als die Halme des nicht lagernden Getreides. Verfasser behauptet:

1. Das Lagern ist die Folge eines gewissen Schwächezustandes der Getreidepflanzen.
2. Dieser Schwächezustand ist durch übereilte Vegetation herbeigeführt.
3. Die Ursache der übereilten Vegetation ist ein überreiches Vorhandensein von Stickstoff im Boden.

Es ist unverkennbar, daß wir in diesen Sätzen zum Theil die älteren Anschauungen von *Thaer* u. s. w. wiederfinden, über welche oben berichtet wurde. Unter Anderem suchte *Thaer* die Ursache der Halmchwächung in dem durch üppige Vegetationsverhältnisse bewirkten



geilen und beschleunigten Wuchse, da dieser eben zu geringerer Halmfestigkeit führt, oder richtiger, seinem Wesen nach mit geringerer Halmfestigkeit verbunden ist. *Gronemeyer* hat aber das innere Wesen geil gewachsener Pflanzen durch anatomische und physikalische Untersuchungen näher zu charakterisiren gesucht, und es ist ihm gelungen, gewisse Unterschiede ausfindig zu machen, die er freilich sämmtlich den Wirkungen üppiger Ernährung zuschreibt. Liegt aber schon in diesen Bestrebungen einer näheren Charakterisirung der Besonderheiten geil gewachsener Pflanzen ein Fortschritt, so fügt *Gronemeyer* dem Ernährungsfaktor noch sonstige, bei der Ausbildung des Pflanzenkörpers betheiligte Umstände als bei der Lagerung zur Geltung kommend bei, wie aus den folgenden Angaben des Autors zu ersehen ist.

Der Stickstoff wirkt bei der Vegetation gemeinschaftlich mit anderen Kräften, und diese werden die Wirkung des Stickstoffs modifiziren. Der Stickstoffvorrath im Boden kann deshalb nicht ohne Weiteres das Lagern hervorrufen. Einmal müssen auch die sonstigen Nährstoffe in aufnehmbarer Form vorhanden sein, dann darf keine Hemmung der Vegetation durch ungünstige physikalische Bodenverhältnisse, Mangel an Feuchtigkeit u. s. w. stattfinden. Außer den Witterungsverhältnissen sind auch die Beleuchtungsverhältnisse in Betracht zu ziehen. Zur vollkommenen Entwicklung bedürfen die Pflanzen intensives Licht, dasselbe muß um so intensiver sein, je üppiger das Wachsthum ist, weil sonst die zu normaler Entwicklung erforderliche Umwandlung unorganischer Stoffe in organische mit dem Wachsthum nicht gleichen Schritt halten kann. Erwägt man, daß durch die bedeutende Blattmasse des später lagernden Getreides die größere Hälfte der einzelnen Halme mehr oder weniger verdunkelt ist, so dürfte es um so wahrscheinlicher erscheinen, daß diese ungünstigen Lichtverhältnisse das Lagern, wenn auch nicht verursachen, so doch bedeutend begünstigen. Hiefür spricht auch der Umstand, daß in feuchtwarmen Sommern, in denen das Licht wegen der dichteren Atmosphäre weniger intensiv ist, das Lagern des Getreides weit stärker und häufiger auftritt als in warmen und trockenen Sommern; ferner der Umstand, daß sich auf den Ländereien, welche von Gehölzen und Bergen eingeschlossen und darum einen Theil des Tages beschattet sind, das Lagern wiederum häufiger und stärker einstellt als auf offen und frei liegenden Feldern. Daß aber in diesen Fällen das Lagern nicht

allein durch das wärmere oder feuchtere Klima gefördert wird, dürfte aus dem Umstande hervorgehen, daß das Getreide an den offenen, dem Lichte ausgesetzten Grenzen des Ackers weniger, meist gar nicht zum Lagern hinneigt, während es auf der ganzen übrigen Fläche niederliegt. Wenn freilich häufig gerade an den Grenzen das Lagern am stärksten auftritt, so sind in der Regel andere Verhältnisse vorhanden, wie größere Feuchtigkeit, Beschattung durch Hecken und Gebüsch u. s. w. Die Reichlichkeit des Chlorophylls in den Blättern und Halmen von Lagergetreide beweist nichts gegen den Einfluß des mangelhaften Lichts, weil die Menge des Chlorophylls in den Pflanzen nicht allein von der Intensität des Lichts abhängt, und dasselbe sich schon bei mäßiger Lichtwirkung bilden kann. Ueber den Zusammenhang zwischen Saattiefe und Lagerung bemerkt *Gronemeyer*, daß hierdurch das Licht in seiner Einwirkung auf die mittleren und unteren Halmtheile geschwächt werde. Wenn manche glauben, man müsse stark säen, damit die Pflanzen sich gegenseitig mehr zum Stützpunkte dienen, so kann allerdings das Lagern hiedurch häufig verhütet werden. Aber dies hat seinen Grund darin, daß die Halme dann niedrig und schwächlich bleiben, die Körperlast entspricht der unvollkommenen Entwicklung. „Das Gesamtergebnisse ließe sich hinsichtlich der Ursachen des Lagerens in folgende 4 Sätze zusammenziehen:

1. Grundursache des Lagerens ist ein ungünstiges Verhältniß der chemischen Bestandtheile des Bodens.

2. Dies ungünstige Verhältniß besteht hauptsächlich in dem zu reichlichen Vorhandensein von stickstoffhaltigen Nährstoffen im Boden bei einer der Vegetation genügenden Gegenwart stickstofffreier Nährstoffe.

3. Die ungünstige Wirkung des zu reichlich vorhandenen Stickstoffs hat ihren Grund in dem Vermögen desselben, die Zellenbildung, also das Wachstum, in unnatürlicher Weise zu beschleunigen.

4. Die Wirkung der ungünstigen chemischen Verhältnisse des Bodens wird modifizirt durch seine physikalischen Verhältnisse und durch die Feuchtigkeits-, Wärme- und Lichtverhältnisse der Atmosphäre.“

Die Ursache des besonderen, durch Mangel an Biegefestigkeit charakterisirten Zustandes der Halme des Lagergetreides ist also nach *Gronemeyer* die reichliche, durch sonstige günstige Vegetationsbedingungen, sowie durch schwächere Belichtung unterstützte Stickstoffernährung. Die

selbe wirkt derartig auf den Pflanzenkörper ein, daß ein bestimmter anatomischer Aufbau entsteht, der eben mit einer gegenüber nicht lagerndem Getreide geringeren Biegungsfestigkeit verbunden ist. Eine Andeutung darüber, worin eigentlich die fördernde Wirkung der Beschattung besteht, wird nicht gegeben. Auch ist es ein Mangel, daß die an Lagergetreide beobachteten anatomischen und physikalischen Besonderheiten einzig und allein durch Ernährungsverhältnisse zu erklären versucht werden, nachdem dem Verfasser einerseits bekannt war, daß die Halme des Lagergetreides unter ungünstigen Lichtverhältnissen heranwachsen, während andererseits die alte Erfahrung<sup>1)</sup> vorlag, daß die bei beschränktem Lichtzutritt befindlichen Pflanzentheile ebenfalls in einen Schwächezustand gerathen. Im Uebrigen aber wird man sagen können, daß die Arbeit *Gronemeyer's* mit Unrecht in Vergessenheit gekommen ist. Es sind darin Thatsachen mitgetheilt, welche es bei näherer Ueberlegung höchst zweifelhaft machen mußten, ob die späteren, auf die Beschattung allein Bezug nehmenden Erklärungsversuche auch thatsächlich befriedigend sind.

*Schumacher*<sup>2)</sup> verweist auf den besonderen anatomischen und physikalischen Zustand der Halme lagernder Getreide. „Vergleicht man einen tüppigen, schnell getriebenen Halm mit einem langsamer gewachsenen, so wird man in dem letzteren nicht nur die Gefäße stärker verdickt, sondern auch mehr verholzt finden, als es beim ersteren der Fall ist. Der Halm der tüppigen, geilen Pflanze ist zwar auch vollkommen straff, die

<sup>1)</sup> Die Pflanzenkultur hat seit alter Zeit Gelegenheit gehabt, in zahlreichen Fällen einen Unterschied in der inneren Ausbildung der in schwachem und in starkem Lichte wachsenden Pflanzentheile zu beobachten. Es wird auch von dieser Erfahrung z. B. beim Bleichen der Gemüse vielfach Anwendung gemacht. — „Bohnen und viele andere, beständig im Schatten stehende Pflanzen wachsen außerordentlich hoch, weil ihre Theile die zu ihrer Ausdehnung nöthige Weiche und Zähigkeit (Dehnbarkeit) länger behalten.“ (*Hales*, *Static*. 1748. S. 188.) „Die Fasern des Stengels (von Pflanzen, die bei Lichtentziehung wachsen) behalten sehr lange eine Geschmeidigkeit, die denselben die Ausdehnung möglich macht; sie verhärten sich sehr langsam. Nun scheint vorzüglich die Wärme der unmittelbar auffallenden Sonnenstrahlen einzig und allein oder doch hauptsächlich thätig bei dieser Erhärtung zu sein.“ (*Bonnet*, Ueber den Nutzen der Blätter, Uebers. 1803. S. 99.) „Das Licht vermehrt die Masse des Kohlenstoffs in der Pflanze und wird dadurch Ursache der Festigkeit und Starrheit des Organismus.“ (*Treviranus*, *Physiologie*. 1838. II. S. 666.) Man vergleiche auch *G. Kraus*, Ursachen der Formänderung etiolirender Pflanzen, Anmerkung, S. 1.

<sup>2)</sup> Physik der Pflanze. 1867. S. 60. — Später (*Ackerbau*. 1874. S. 375 ff.) schließt sich *Schumacher* den Anschauungen von *Gronemeyer* an.

Zellen sind stark gespannt, aber die Festigkeit des Halms ist gering. Ein starker Wind und heftiger Schlagregen vermag die geile Pflanze zu knicken, während die langsamer gewachsene und weniger üppige den Wirkungen des Windes und Regens widersteht. Die größere Steifigkeit beruht bei einem weniger üppigen Halme auf der stärkeren Verdickung und auf der Verholzung der Gefäße. Werden aufwärts gerichtete Pflanzen durch abnorme Ernährungs- und Witterungsverhältnisse zu einem schnellen Wachstum getrieben, so haben sie keine Zeit, ihre Zellen dem Längswachstum entsprechend zu verdicken und zu verholzen.“

Den Ausgangspunkt für die weitere Entwicklung der vorwürfigen Frage bildete die Ansicht von *Sachs*<sup>1)</sup>: Das Lagern der Getreide beruht auf dem theilweisen Vergeilen, dem Mangel an Elastizität, der zu großen Streckung der unteren Halmglieder und ihrer geringeren Verholzung, welche Eigenschaften sämmtlich dann eintreten, wenn die Pflanzen zu dicht beisammen stehen und sich gegenseitig zu stark beschatten. Einzeln stehende Getreidepflanzen lagern niemals, ebenso erklärt sich, warum das Lagern in feuchten Jahren, bei schwacher Beleuchtung und üppigerem Wuchern häufiger eintritt, warum eine zu starke Düngung des Bodens es begünstigt, denn dies bewirkt schon in früher Jugend ein üppigeres Wachstum, wodurch sich die Pflanzen gegenseitig beschatten und an ihren unteren Theilen vergeilen, und dies um so mehr, je dichter sie stehen.

Nachdem bereits *G. Kraus*<sup>2)</sup> die Anatomie etiolirter Internodien genauer untersucht und an denselben unter Anderm auffallend geringe Ausbildung und Verholzung der Zellhäute, ungewöhnliche Länge der Zellen, abnormen Mangel der peripherischen Gewebe an Elastizität gefunden hatte, wurden von *L. Koch*<sup>3)</sup> speziell mit Rücksicht auf die Lagerung und zur näheren Begründung der *Sachs*'schen Ansicht anatomische und experimentelle Untersuchungen angestellt.

Die im Freien wachsenden Versuchspflanzen (Winterroggen) wurden zum Theil bei beginnender Streckung, zum Theil nachdem diese schon größtentheils beendet war, beschattet und zwar so, daß sich die Lichtschwächung nur auf die unteren Partien erstreckte. Bei den spät be-

<sup>1)</sup> Experimentalphysiologie. 1867. S. 150. — Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. I. S. 347.

<sup>2)</sup> Ursachen der Formänderungen etiolirender Pflanzen. 1869.

<sup>3)</sup> Abnorme Aenderungen wachsender Pflanzenorgane durch Beschattung.

schatteten Halmen waren die Erfolge der Lichtentziehung geringer als bei den mit Beginn der Streckung beschatteten, aber auch bei diesen vergingen etwa 14 Tage, bis die Verschiedenheiten gegenüber den nicht beschatteten Pflanzen deutlich wurden. Die beschatteten Internodien wurden

1. länger als die nicht beschatteten.

2. Auch die einzelnen Zellen der Internodien waren überverlängert.

3. Die Beschattung beeinträchtigte die Verdickung der Zellwände.

Die schwächer verdickten Membranen waren im Verhältniß ihrer Verdickung auch weniger verholzt.

4. Die beschatteten Internodien hatten geringere Biegefestigkeit.

Gelagertes Getreide ließ in dem zweituntersten Internodium ähnliche Verhältnisse ersehen wie die beschatteten Versuchspflanzen: bedeutendere Länge des Internodiums, Uebersverlängerung der Zellen, schwächere Wandverdickung gegenüber nicht gelagertem Getreide. Die Uebersverlängerung ist am stärksten, die Wandverdickung am schwächsten an den unteren Internodialpartieen, vermuthlich als Folge des verstärkten Etiollements, das durch die anliegenden Blattscheiden ausgeübt wird.

Diese Befunde sind exakter als jene *Gronemeyer's*, sie lassen die Folgen der Lichtentziehung deutlich erkennen. Aber es ist ein Mangel, daß gar keine Aufschlüsse darüber gegeben werden, ob denn nicht die sonstigen Verschiedenheiten, die schon rein äußere Betrachtung der zur Lagerung geneigten Saaten gegenüber nicht lagernden erkennen läßt, der tuppige Wuchs, das beschleunigte Schossen u. s. w., bei der Erscheinung des Lagerens direkt betheiligt sind. Ueber die Theorie von der Wirkung einer zu großen Menge löslicher Stickstoffverbindungen im Boden sagt Verfasser nur, es sei nicht bewiesen, daß allzu reichliches Vorhandensein solcher Verbindungen ein Weichbleiben der Organe zum Nachtheil der ganzen Pflanze nach sich ziehen müßte. Pflanzen auf Geilstellen wuchsen normal und ohne Neigung zum Lagern. Da ferner beschattete und freie Pflanzen auf gleich gedüngtem Boden, also bei etwa gleicher Menge disponibler Stickstoffverbindungen, die Unterschiede zwischen gelagertem und nicht gelagertem Getreide zeigten, so könnten dem Stickstoff diese Aenderungen nicht zur Last gelegt werden. Es sei klar, daß außer den Nährstoffen noch ein anderer Faktor mitwirken müsse, um die Erscheinung des Lagerens zu Stande zu bringen, nämlich der Mangel an Licht. Die Ueppigkeit des Wachstums sei nur indirekt, nämlich durch Erhöhung

der Beschattung, von Einfluß, und weil die oberen Theile üppiger Pflanzen mehr Angriffspunkte für äußere Kräfte böten.

Aber wenn auch alle Erwägungen auf die Bedeutung des Beschattungsgrades für den Vorgang der Lagerung hinwiesen; wenn auch weiter der Nachweis von der behaupteten Wirkung üppiger Vegetationsverhältnisse auf die innere Ausbildung des Pflanzenkörpers angestritten werden konnte; wenn es schließlich gelang, an künstlich beschatteten Halmen ähnliche Wachstumsänderungen hervorzurufen, wie solche bei gelagertem gegenüber nicht gelagertem Getreide bestehen: alle diese Dinge genügen nicht, die behauptete direkte Einwirkung der Ernährungsverhältnisse auf die Verminderung der Biegungsfestigkeit der Halme von kurzer Hand wegdisputiren zu können. Die Untersuchungen *Gronemeyer's*, von welchen *Koch* übrigens keinerlei Notiz nimmt, hatten ergeben, daß sich die Unterschiede zwischen gelagertem und nicht gelagertem Getreide nicht nur auf die unteren Internodien erstrecken, sondern auf die ganze Pflanze, auf die Blätter ebenso gut wie auf die Halme, und daß die beleuchteten Theile analog den beschatteten sich verändern, so daß der Schluß wohl gerechtfertigt war, daß die nämliche Ursache, welche die beleuchteten Theile beeinflusste, auch bei der Ausbildung der nicht beleuchteten mit thätig war. Wenn es gelang, durch Beschattung bei gleichen Ernährungsverhältnissen die einen Halme zur Uebersverlängerung zu bringen, während die anderen, beleuchteten diese Erscheinung nicht aufwiesen, so folgte hieraus doch nicht, daß nicht neben der Beschattung bei der gewöhnlichen Lagerung auch noch als anderer Faktor eine üppige Ernährung betheiligt sein konnte. Ueberhaupt zeigten die beschatteten Versuchspflanzen *Koch's* gegenüber den nicht beschatteten nicht einmal alle die charakteristischen Verschiedenheiten des Lagergetreides gegenüber nicht lagerndem, sie verhielten sich vielmehr zum Theil sogar gegenüber gewöhnlichem Lagergetreide abnorm. Die Uebersverlängerung der etiolirten Internodien wurde durch die darauf folgenden ausgeglichen, diese blieben dementsprechend kürzer. Gemessen zur Zeit der Reife, waren die Längen der successiven Internodien:

| I.      |          | II.     |          | III.    |          | IV.     |          | V.    |          | Gesammlänge<br>des Halmes. |          |
|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|-------|----------|----------------------------|----------|
| frei    | etiolirt | frei    | etiolirt | frei    | etiolirt | frei    | etiolirt | frei  | etiolirt | frei                       | etiolirt |
| 52      | 86       | 136     | 234      | 344     | 276      | 371     | 308      | 409   | 421      | 1314                       | 1326     |
| 1 : 1,6 |          | 1 : 1,7 |          | 1,2 : 1 |          | 1,2 : 1 |          | 1 : 1 |          | 1 : 1                      |          |

Dagegen fand *Gronemeyer*:

| I.        |                 | II.       |                 | III.      |                 |
|-----------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|
| Gelagert. | Nicht gelagert. | Gelagert. | Nicht gelagert. | Gelagert. | Nicht gelagert. |
| 6         | 5               | 18        | 16              | 40        | 24              |
| 1,2 : 1   |                 | 1,1 : 1   |                 | 1,6 : 1   |                 |
|           |                 | IV.       |                 |           |                 |
|           |                 | Gelagert. | Nicht gelagert. |           |                 |
|           |                 | 50        | 32              |           |                 |
|           |                 | 1,5 : 1.  |                 |           |                 |

„Wachstumsstörung durch Etiolement“ ist nicht zu erkennen.

Ferner waren in den Untersuchungen von *Koch* Verschiedenheiten hinsichtlich Zellenlänge und Wandverdickung bei den im unteren Theil beschatteten Halmen nur im zweiten, weniger im ersten, noch weniger im dritten Internodium gegenüber den nicht beschatteten Halmen wahrzunehmen, beim vierten und fünften gar keine mehr. Nach *Gronemeyer* erstrecken sich aber die Verschiedenheiten in Bau und Biegungsfestigkeit des Lagergetreides gegenüber nicht gelagertem auch auf die oberen Internodien.

Bei Blättern und Blattscheiden fand *Koch* nur geringe Beeinflussung durch die Beschattung, wahrscheinlich wurden überhaupt nur die untersten Blätter untersucht. *Gronemeyer* giebt im Gegentheil erhebliche Differenzen auch für Spreiten und Scheiden an.

Mit Rücksicht auf spätere Erläuterungen ist auch die von *Koch* zitierte Ansicht von *Pierre* zu erwähnen: Die erste Ursache des Lagerns ist, daß die unteren Partien des Stammes, in Folge der tuppigeren Blattbildung weniger der Luft ausgesetzt, länger weichbleiben. *Koch* meint hierzu, daß verminderter Luftzutritt wohl durch verminderte Verdunstung einen, wenn auch geringen, Einfluß auf die Turgeszenz haben könne, keinen aber auf die größere Festigkeit der betreffenden Theile.

Die *Sachs-Koch*'schen Ansichten wurden maßgebend für die Autoren, welche sich späterhin über die Ursache des Lagerns geäußert haben, wenige Schriftsteller behielten nebenher mehr oder weniger von den früheren Anschauungen bei, Untersuchungen wurden nicht weiter ange stellt, weil man offenbar die Sache für erledigt ansah. Zu den Autoren, welche außer der Beschattung noch andere Faktoren berücksichtigt wissen wollten und auf die älteren Anschauungen Bezug nahmen, gehört

namentlich *Nowacki*<sup>1)</sup>. Nach seinen Darlegungen besteht allerdings die wesentlichste Ursache des Lagerns im Mangel an Licht; aber es spiele dabei unzweifelhaft auch die mastige Entwicklung der Pflanzen eine Rolle. Das übereilte Schossen, welches in Folge stickstoffreicher Düngung bei feuchtwarmer Witterung eintrete, lasse der Einwirkung des Lichtes nicht genügend Zeit, überdies führten die Blattscheiden bei stark gedüngten, mastigen Pflanzen eine intensivere Beschattung des eingeschlossenen Halmes herbei, als bei normal und langsam gewachsenen Pflanzen der Fall sei. „Das Lagern des Getreides hat seinen Grund in der Ueerverlängerung und ungenügenden Verdickung der Zellen an den unteren Halmgliedern. Die krankhafte Entwicklung jener Zellen hat ihre Ursache in dem Mangel an Licht. Dichte Saat, übereiltes Schossen, mastiger Wuchs befördern und steigern das Uebel.“

Betreffend den Zusammenhang zwischen Bestockung und Lagerung knüpft der Autor an *Thaer* an. „Auf den ersten Blick hat es den Anschein, daß die Bestockung, insoferne sie die Zahl der Halme und demnach auch die Beschattung der unteren Halmglieder vermehrt, die Krankheit des Lagerns verursachen oder doch wenigstens verschlimmern müßte. Bei genauerm Zusehen kommt man jedoch zur Ueberzeugung, daß die Bestockung wenig oder gar nichts zum Lagern beiträgt, im Gegentheil eher als Schutz gegen das Lagern betrachtet werden kann. Gegen die Annahme, daß zwischen Bestockung und Lagern ein ursächlicher Zusammenhang besteht, spricht vor allem die Thatsache, daß das Lagern infolge von Lichtmangel eintritt, während die Bestockung bei Lichtmangel unterbleibt. Aus dieser Thatsache folgt unmittelbar, daß von dem Augenblick an, wo der Pflanzenbestand eines Feldes an Licht Mangel leidet, die Bestockung, weil sie eben ausgeschlossen ist, jedenfalls nichts mehr zum Lagern beitragen kann. Es kann sich also nur darum handeln, ob in der Zeit der Entwicklung, von der Keimung bis zum Beginn des Schossens, die Gefahr des Lagerns durch eine starke Bestockung vermehrt wird oder nicht. Dabei sind drei Fälle denkbar: 1. Bei einer Saat, die von Anfang an sehr dicht, steht, ist die starke Bestockung ausgeschlossen. Lagert sich eine derartige Saat, so dürfen wir der Bestockung die Schuld nicht beimessen. 2. Steht die Saat vor,

<sup>1)</sup> Getreidebau. S. 113.



beziehungsweise nach der Ueberwinterung sehr dicht, und es erfolgt im Herbst, beziehungsweise Frühjahr eine starke Bestockung, so kann diese ebenfalls nicht schaden, weil ja die Pflanzen Raum und deshalb auch Licht überflüssig genug haben. 3. Ist endlich der Pflanzenbesatz im Herbst und Frühjahr ein mittlerer, so wird auch die Bestockung nur eine mittlere sein, und die Gefahr des Lagerns ist auch in diesem Falle nicht zu befürchten, es sei denn, daß die Saat durch übermäßige Düngung oder allzu üppige Witterung bei Eintritt des Schossens zu sehr getrieben wird.“ Weiter wird darauf verwiesen, daß bei einer vor dem Schossen stark bestockten Pflanze die Halme flach auf dem Boden liegen und nach allen Seiten ausgebreitet sind, die in den Blattscheiden eingeschlossenen jungen Halme könnten hiebei möglichst intensiv beleuchtet werden, die unteren Halmglieder würden sich daher kräftig entwickeln, die Bestockung biete, insoferne die Lagerung von der Stärke oder Schwäche der unteren Halmglieder abhängt, eine Gewähr gegen das Lagern u. s. w. „Nach Allem hat die Ansicht, daß die Bestockung das Lagern bedingt, keinen rechten Grund; man kann vielmehr mit Grund behaupten, daß stark bestocktes Getreide sich für gewöhnlich nicht lagert.“

Auf diese Ansichten wird unten zurückzukommen sein.

### Die derzeitige Kenntniß von den Ursachen der Lagerung.

Die von den verschiedenen Autoren namhaft gemachten Ursachen der Lagerung lassen sich folgendermaßen gruppieren:

1. Die Halmschwäche lagernden Getreides ist die Folge der besonderen anatomischen und physikalischen Beschaffenheit, welche die bei schwachem Lichte sich ausbildenden untersten Internodien annehmen Ueppige Ernährung, enger Stand sind bloß indirekt am Lagern beteiligt, indem sie die Beschattung oder auch die aufrecht zu haltende Last erhöhen und äußeren Kräften mehr Gelegenheit zum Angriffe bieten.

2. Die Halmschwäche ist die Folge üppiger Ernährung und üppiger Vegetationsbedingungen überhaupt, indem dieselben die Halme in geilen Zustand bringen, der eben durch geringere Biegungsfestigkeit charakterisirt ist.

3. Die Halmschwäche rührt davon, daß die unteren Internodien in dem geschlossenen Bestande dem Luftwechsel weniger ausgesetzt sind und deshalb weicher bleiben.

4. Die Halmschwäche kommt dadurch zu Stande, daß die Pflanzen bei gedrängterem Stande an sich schwächere Halme entwickeln als bei weiterem Standraum.

5. Die Halmschwäche entsteht durch die Beeinträchtigung der Halm-  
ausbildung in Folge der beschleunigten Streckung, welche bei dichtem  
Stand und üppigen Vegetationsbedingungen eintritt. Das beschleunigte  
Schossen ist entweder die direkte Ursache der mangelhaften Halm-  
ausbildung oder die indirekte Ursache, indem dem Lichte weniger Zeit  
bleibt, seine besondere Wirkung auf die anatomische Beschaffenheit der  
Internodien auszuüben.

In Wirklichkeit greifen diese hier einzeln ausgeschiedenen Ursachen  
mehr oder weniger ineinander, erfahrungsgemäß ist die Lagerung am  
häufigsten, wenn dichter Stand, üppige Ernährung, beschleunigtes Schossen  
zusammenwirken.

Diese verschiedenen Aufstellungen sind nunmehr an der Hand neuerer  
physiologischer Untersuchungen kritisch zu betrachten.

### ***1. Das Wachstum unter der Einwirkung geschwächter Beleuchtung.***

Hierüber braucht nichts weiter bemerkt zu werden, nachdem exakt nach-  
gewiesen ist, daß die unter Beschattung wachsenden Internodien in ihrer  
Biegungsfestigkeit benachtheiligt werden. Manchmal liegen die Verhält-  
nisse derart, daß diese eine Ursache vollkommen genügt, den Eintritt  
des Lagerens zu erklären.

### ***2. Das Wachstum unter der Einwirkung üppiger Ernährung und üppiger Vegetationsbedingungen überhaupt.***

Die neueren Untersuchungen haben deutlich gezeigt, daß der Pflan-  
zenkörper innerhalb unerwartet weiter Grenzen in seinen chemischen,  
anatomischen und physikalischen Eigenschaften veränderlich ist, je nach  
den äußeren Verhältnissen, unter denen derselbe zur Ausbildung gelangt.  
Es ist daher die Behauptung wohl gerechtfertigt, daß „der Pflanzenleib sich  
stets ändert, sobald die Verhältnisse der einzelnen influirenden Vegeta-  
tionsbedingungen zu einander sich ändern“<sup>1)</sup>. Deutlich zeigt sich dies  
an den Eigenschaften, welche an der nämlichen Art je nach Klima,

<sup>1)</sup> Sorauer, Pflanzenkrankheiten, I, S. 8 u. a. a. O.

Boden und Jahreswitterung<sup>1)</sup> hervortreten, dasselbe ergibt sich auch aus verschiedenen experimentellen Versuchen, die in neuerer Zeit angestellt wurden. Mit Rücksicht auf die uns zunächst beschäftigende Frage sei im Einzelnen Folgendes angeführt.

Zu den Bedingungen üppigen Wachsthumts gehört genügende Wasserzufuhr. Unter dem Einflusse derselben vergrößern sich die Organe, aber gleichzeitig werden die anatomischen und hiemit auch die physikalischen Eigenschaften abgeändert.

Nach *Duval-Jouve* begünstigen heiße, trockene Standorte bei Gräsern die Entwicklung der „Bastbündel“, während im Feuchten diese Entwicklung zurückgehalten wird<sup>2)</sup>.

*Frank*<sup>3)</sup> vergleicht Pflanzenindividuen, welche einerseits auf trockenem Boden wuchsen und dadurch zu Zwergen wurden, andererseits unter normalen Bedingungen normale Größe erlangt hatten. Die Elementarorgane waren in beiden Fällen in der Größe verschieden:

|                                       | Panicum sanguineum. |                       |
|---------------------------------------|---------------------|-----------------------|
|                                       | Zwerg<br>mm         | Normale Pflanze<br>mm |
| Länge der Epidermiszellen . . .       | 0,10                | 0,12                  |
| Breite der Epidermiszellen . . .      | 0,020               | 0,022                 |
| Länge der Spaltöffnungen . . .        | 0,022               | 0,029                 |
| Durchmesser der Mesophyllzellen . . . | 0,016               | 0,018                 |
| Durchmesser der Markzellen . . .      | 0,027               | 0,038                 |
| Länge der Markzellen . . . . .        | 0,081               | 0,114                 |
| Draba verna.                          |                     |                       |
| Länge der Epidermiszellen der Blätter | 0,033               | 0,117                 |
| Länge der Spaltöffnungen „ „          | 0,018               | 0,027                 |
| Länge der Epidermiszellen der Stengel | 0,154               | 0,237                 |
| Breite der Epidermiszellen „ „        | 0,009               | 0,009.                |

Analog fand *Koch* beim Vergleich etiolirter und beleuchteter Halme:

| Länge der Epidermiszellen. |           | Länge der Markzellen. |           |
|----------------------------|-----------|-----------------------|-----------|
| Beleuchtet.                | Etiolirt. | Beleuchtet.           | Etiolirt. |
| 0,2096                     | 0,5293    | 0,1989                | 0,3827.   |

<sup>1)</sup> Hierher gehören zum Theil auch die praktischen Erfahrungen über die verschiedene Beschaffenheit, welche Gras, Stroh u. s. w. je nach Düngung, Jahreswitterung u. s. w. annehmen.

<sup>2)</sup> *Sorauer*, l. c., S. 303.

<sup>3)</sup> Pflanzenkrankheiten. S. 303.

*Sorauer* <sup>1)</sup> ließ Gerstenpflanzen in einem Boden von gleicher Nährstoffmenge und unter sonst gleichen Verhältnissen wachsen, nur wurde dem Boden ein verschiedenes Wasserquantum zugeführt. Die Blätter wurden bei reicherer Wasserzufuhr länger und breiter, theilweise dadurch, daß die Zellen größere Ausdehnung erhielten. Die Epidermiszellen z. B. waren am kürzesten bei 10 0/0, am längsten bei 80 0/0 Wasser.

Nach *Hellriegel* <sup>2)</sup> waren die Pflanzen, welche den größten Wasserreichthum im Boden fanden, nicht nur größer, sondern im ganzen Bau gleichsam extensiver. Dagegen machten Pflanzen, welche mit geringer Bodenfeuchtigkeit sich begnügen mußten, mehr den Eindruck des in sich Konzentrirten, sie waren auch tiefer dunkelgrün, ähnlich wie solche Pflanzen, welche mit Stickstoffüberschuß ernährt werden.

Genauere anatomische und physikalische Vergleichung hätte voraussichtlich mancherlei Unterschiede der in Folge verschiedener Wasserzufuhr verschieden üppig gewachsenen Pflanzen erkennen lassen. Im Allgemeinen ist unverkennbar, daß gewisse Uebereinstimmungen bestehen zwischen der inneren Ausbildung und dem Wachsthum bei reicher Wasserzufuhr einerseits, bei Beschattung andererseits; wirken beide Umstände zusammen, so wird der Erfolg um so ausgiebiger sein.

Daß auch durch die Ernährung überhaupt nicht nur die morphologische Ausbildung und der Entwicklungsverlauf, sondern auch die anatomische Beschaffenheit beeinflußt wird, geht aus verschiedenen Untersuchungen hervor.

Nach *Fleischmann* <sup>3)</sup> bewirkt Kochsalzdüngung beim Lein höheren Wasser-, Kali- und Phosphorsäuregehalt, eine vermehrte Bildung feiner Fasern und verminderte Verholzung derselben. Nach *Schischkin* <sup>4)</sup> produzierte eine Chlorkaliumdüngung die feinsten und längsten Stengel, während bei phosphorsaurem Kalk die kürzeste und gröbste Faser erhalten wurde. Nach *Nessler* <sup>5)</sup> giebt Düngung des Hanfes mit Kochsalz zähere und biegsamere Beschaffenheit des Bastes.

<sup>1)</sup> Botan. Zeitung. 1873.

<sup>2)</sup> Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik. VII. S. 119.

<sup>3)</sup> Zit. nach *Kraft*, Pflanzenbaulehre. 1885. S. 130. — Zu vergleichen auch die oben mitgetheilte Angabe von *E. Wolff* über die Wirkung der Phosphorsäure- und Kochsalzdüngung auf die Halmausbildung.

<sup>4)</sup> Ebendas. S. 130.

<sup>5)</sup> *Kraft*, l. c. S. 139.

*F. Haberlandt*<sup>1)</sup> untersuchte die Tragfähigkeit und Elastizität der Bastbänder von Hanfpflanzen, welche unter verschiedenen Bedingungen gewachsen waren: Mit und ohne Düngung, mit und ohne Bewässerung, bei vollem Licht und theilweiser Beschattung, bei weitem und engem Stande. Die Resultate waren:

1. Die Bastbänder der bewässerten Pflanzen haben größere Tragfähigkeit.

2. Düngung verminderte die Festigkeit des Bastes, am meisten Salpeter-, am wenigsten Knochenmehldüngung.

3. Dichter Stand und Beschattung gaben festeren Bast.

Die Erhöhung der Tragfähigkeit durch dichten Stand und Beschattung scheint damit zusammenzuhängen, daß unter diesen Bedingungen die Verholzung geringer wird. Auch diese Versuche ergeben sonach einen erheblichen Einfluß der Ernährungs- und Vegetationsverhältnisse auf die physikalischen Eigenschaften der Gewebe, speziell der mechanischen Elemente.

*H. Hoffmann* gelang es<sup>2)</sup>, durch fortgesetzte Kultur der wilden Möhre unter sehr günstigen Ernährungsverhältnissen die holzige Beschaffenheit der Wurzel mehr oder weniger in die fleischige der Kulturform überzuführen.

*A. Wieler*<sup>3)</sup> erzog Helianthus- und Ricinuspflanzen in kleinen Blumentöpfen zu Zwergen und versetzte diese später in größere Töpfe und in's freie Land, wo sie sich bedeutend vergrößerten. Wieder andere Pflanzen befanden sich erst im freien Lande und kamen später in Töpfe, andere wurden in Nährlösung gezogen. Ferner wurde der Einfluß verschiedener Bodenqualität geprüft, nämlich Zwerge in größere Töpfe mit besserer und schlechterer Erde gesetzt, wobei mit der Güte des Bodens die harmonische Vergrößerung der Pflanzen zunahm. Nach den anatomischen Untersuchungen entstand in den Zwergen Holz vom Charakter des englumigen Herbstholzes. Kamen dagegen die Zwerge in bessere Verhältnisse, so entstand weitleumiges Holz vom Charakter des Frühjahrsholzes. „Je ungünstiger die Ernährungsverhältnisse, um so mehr Herbstholz. Hierauf wirken nicht nur Wasserzufuhr und die damit verbundene Zu-

1) Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik. Bd. I. S. 415.

2) Botanische Zeitung. 1876.

3) Zur Kenntniß der Jahrringbildung, *Pringsheim's Jahrb.* XVIII. 1.

leitung unorganischer Substanzen ein, sondern alle Faktoren, welche die Erzeugung organischer Substanzen in den Assimilationsorganen beeinflussen.“

Derselbe Autor<sup>1)</sup> fand an Pflanzen von *Urtica dioica*, welche in kleinen Töpfen zu Zwergen erzogen waren, unter Anderm, daß im Stengel an Stelle der normaler Weise zu erwartenden dünnwandigen, unverholzten Elemente dickwandige, verholzte getreten waren. In phosphorsäurefreier Wasserkultur waren die mechanischen Elemente in der Ausbildung wesentlich beeinträchtigt. Die Abhängigkeit der Ausbildung der Librifasern von Feuchtigkeitsverhältnissen erklärt zur Genüge die Differenzen, welche diese Gewebe bei Individuen verschiedener Standorte aufweisen: bei relativer Wasserarmuth werden die Librifasern mächtiger entwickelt als auf feuchterem Boden. Der Autor giebt noch andere Beispiele, aus denen die Abhängigkeit des anatomischen Baues und speziell der Entwicklung der mechanischen Elemente von den Vegetationsbedingungen hervorgeht.

H. Jumelle<sup>2)</sup> untersuchte Lupinen, welche vergleichsweise in destillirtem Wasser und in Nährlösung gewachsen waren, und fand nach 60 Tagen, daß die ohne Salze erzogenen Pflanzen höher waren, längere, dünnere Internodien, sowie kleinere Blätter besaßen als die anderen. In anatomischer Beziehung zeichneten sich die mit Salzen gezogenen Pflanzen im Hypokotyl durch reichliches Rindenparenchym und 4 distinkte Bündel mit großen Gefäßen und vielen parenchymatischen Elementen aus. Die Vergleichspflanzen besaßen im Hypokotyl wenig Rindenparenchym und einen gleichmäßigen Holzring mit wenigen parenchymatischen Elementen. Aehnliche Unterschiede zeigen bei beiden Gruppen von Pflanzen die über den Kotylen gelegenen Theile; die in Nährlösung gewachsenen Individuen zeichnen sich aus durch reichliches Parenchym im Mark und die Abwesenheit von Sklerenchym im *péricycle*, welches bei den im destillirten Wasser gewachsenen Pflanzen vorhanden ist. Die Gegenwart von Mineralsubstanzen in der Pflanze war von reichlicher Parenchymbildung und Mangel an mechanischen Elementen begleitet. Die Blätter

<sup>1)</sup> Einfluß äußerer Verhältnisse auf die Anlage und Ausbildung von Librifasern, *Botan. Zeitg.* 1889, Nr. 32.

<sup>2)</sup> Einfluß mineralischer Substanzen auf die Struktur der Gewächse, *Ref. Botan. Zeitg.* 1890, Nr. 3. Sp. 46.

der in Nährlösung erzeugenen Pflanzen besitzen weniger deutlich ausgeprägte Pallisadenzellen, dagegen zahlreichere Spaltöffnungen. Der Verfasser hebt ausdrücklich hervor, daß ähnliche Besonderheiten, wie an den erwähnten, in Nährlösung gewachsenen Pflanzen, bisher schon von solchen Pflanzen beschrieben wurden, welche im Dunkeln oder im Schatten oder in feuchter Luft oder Erde gewachsen waren. Die letzteren Pflanzen sind ebenso wie die in Nährlösung gezogenen reicher an Wasser als jene, die unter der Einwirkung vollen Lichts oder trockener Luft, resp. mangelnder Nährstoffe sich befinden.

Nach allen diesen Erfahrungen ist kein Zweifel, daß diejenigen Vegetationsbedingungen, welche das Getreide in geilen Zustand bringen, die Struktur gegenüber dem mageren Wuchse wesentlich verändern müssen. Weiter läßt sich die Behauptung aufstellen, daß die Abänderungen in der ganzen Ausbildung zum Theil in ähnlicher Richtung geschehen, wie bei mangelhafter Beleuchtung. *Gronemeyer* hat denn auch nachgewiesen, daß die Unterschiede gelagerten und nicht gelagerten Getreides nicht nur auf die unteren Internodien sich erstrecken, sondern auf die ganze Pflanze, auf die Blätter ebenso gut wie auf die Halme. Alle diese Theile waren in Richtung größerer Weichheit und geringerer Biegungsfestigkeit verändert. Soweit sich diese Unterschiede auf die oberen Internodien und Blätter erstrecken, kann davon keine Rede sein, daß dieselben Folge der Beschattung sind, sie müssen vielmehr auf direkte Einwirkung der Vegetationsbedingungen, besonders üppiger Ernährung, zurückgeführt werden<sup>1)</sup>. Auch Pflanzen von Geilstellen sind wesentlich anders konstruirt, wie magere Individuen, sie sind z. B. wesentlich proteinreicher (*Weiske*); *Gronemeyer* giebt an, daß er auch an anderen Gewächsen gefunden habe, daß überall, wo üppige Ernährung stattfand, die Zellen größer werden und dünnere Wände erhalten. Diese Befunde stimmen auch vollständig mit den Ergebnissen der oben zitierten neueren Untersuchungen. Wenn aber reichlichere Wasserzufuhr und reichlichere Ernährung bei voll beleuchteten Theilen auf verstärktes Längenwachsthum der Zellen, auf Förderung der parenchymatischen Gewebe und Hemmung der mechanischen Elemente hinwirken, so ist nicht einzusehen, warum nicht die nämlichen Ursachen auch bei der Ausbildung der untersten,

<sup>1)</sup> Auf die praktischen Erfahrungen über die verschiedene Beschaffenheit des Strohes bei verschiedenen Vegetationsverhältnissen wurde bereits hingewiesen.

beschatteten Internodien beteiligt sein und die Folgen der Beschattung noch steigern sollten. Die zur Zeit bekannten Thatsachen, deren Vermehrung durch speziell mit Rücksicht auf die Lagerung gerichtete Untersuchungen allerdings wünschenswerth wäre, gestatten immerhin, die Behauptung aufzustellen,

daß die Ueppigkeit der Vegetationsbedingungen bei der Lagerung insoferne direkt beteiligt ist, als hiedurch der Pflanzenkörper in ähnlicher Richtung modifizirt wird wie durch Beschattung; der geile Zustand der Pflanzen steigert die Folgen der Beschattung für die Ausbildung der unteren Internodien.

### 3. Der Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf das Wachstum und die innere Ausbildung der Halme.

Daß die größere Luftfeuchtigkeit, welche in dem dicht geschlossenen Bestande üppigen Getreides<sup>1)</sup> vornehmlich vom Beginn des Schossens ab gegenüber freiem Stande vorhanden ist, von Einfluß auf das Wachstum und die innere Ausbildung der Halme werden kann, läßt sich aus verschiedenen Untersuchungen erschließen. Die Wirkung geht in ähnlicher Richtung, wie solche durch mangelhafte Beleuchtung hervorgerufen wird.

*Reinke*<sup>2)</sup> fand an je 4 Keimpflanzen von *Helianthus*, welche in feuchter Erde und im Lichte, aber die eine an freier Luft, die andere unter Glaslocken sich entwickelten, nach 4 Tagen folgende Längen der hypokotylen Glieder (mm):

trockene Luft 45, 50, 65, 67

feuchte Luft 75, 77, 89, 100.

Ebenso fand *Sorauer*<sup>3)</sup> bei der Gerste, daß feuchte Luft die Streckung befördert: die Blätter wurden länger, blieben aber schmaler, die Epidermis- und Spaltöffnungszellen waren ebenfalls länger geworden. Auch die Halmstreckung war in der feuchten Atmosphäre gesteigert. „In der feuchten Luft bauen sich die Pflanzen im Ganzen schwächtiger auf.“

<sup>1)</sup> Zu vergleichen *E. Wollny*, diese Zeitschrift. Bd. VIII. S. 294.

<sup>2)</sup> *Botan. Zeitg.* 1876.

<sup>3)</sup> *Botan. Zeitg.* 1878. — Forschungen auf dem Geb. der Agrikulturphysik. III. S. 351 ff.



Nach den Versuchen von *Vesque* und *Viet*<sup>1)</sup> haben in feuchter Luft erzogene Pflanzen schwächere Stengel und Blätter mit längeren Stielen und kleineren Flächen. Das Gewebe der Blätter ist weniger deutlich in Schwamm- und Pallisadenparenchym unterschieden, die Gefäßbündel sind weniger entwickelt, die „Hartbastfasern“ fehlen, während sie in trockener Luft reichlich vorhanden sind. Befanden sich die Pflanzen im Dunkeln, aber in trockener Luft, so waren sie weniger etiolirt, als diejenigen, welche bei Beleuchtung in feuchter Luft gewachsen waren. Die Verfasser behaupten sogar, daß die Gestalt der etiolirten Pflanzen in erster Linie durch den Mangel an Transpiration bedingt werde.

*Kohl*<sup>2)</sup> ließ Pflanzen bei sonst gleichen Verhältnissen in trockener und in feuchter Luft wachsen, in trockenem und feuchtem Boden. Er fand im Allgemeinen, daß trockene Luft stärkere Wandverdickung und Verholzung, stärkere Ausbildung der Xylemtheile veranlaßt, während feuchte Luft die entgegengesetzten Veränderungen hervorruft. Es ist auch bekannt, daß in windreichen Lagen die Pflanzen fester, derber, beim Hanf und Lein die Fasern gröber werden.

Die in dem geschlossenen Bestande eines üppigen Getreidefeldes bestehende feuchtere Luft ist demnach wohl im Stande, den anatomischen Bau und das Längenwachsthum zunächst der unteren Internodien zu beeinflussen; diese Beeinflussung geht gleichsinnig mit den Folgen der Beschattung.

In welchem Betrage sich dieser Faktor bemerklich macht, hängt natürlich ab von dem Verlaufe der Witterung. Wir sehen aber gerade dann Lagern am häufigsten eintreten, wenn feuchte Witterung herrscht, wenn also die beste Gelegenheit ist, daß die Folgen der verminderten Transpiration mit jenen der Beschattung zusammenreifen.

#### **4. Der Einfluß des dichten Standes auf die Entwicklung der Halme.**

Es ist hier zu untersuchen, ob und in wie weit die Behauptung berechtigt sein mag, daß dichte Saaten deshalb leichter lagern als dünne,

<sup>1)</sup> Zit. nach *Sorauer*, Pflanzenkrankheiten. I. S. 303. — Sur les causes et sur les limites des variations de structure des végétaux. *Annal. agron.* T. X. 1884. *Botan. Zentralblatt.* Bd. XVIII. Nr. 9. S. 259.

<sup>2)</sup> Die Transpiration der Pflanzen und ihre Einwirkung auf die Ausbildung pflanzlicher Gewebe.

weil die Halme an sich schwächer werden, und das Schossen zeitiger eintritt als bei weiterem Stande.

Was das Schwächerbleiben der Halme dichter Saaten betrifft, so ist dies die natürliche Folge der größeren Schwächlichkeit der Pflanzen überhaupt, die sich gegenseitig in Bezug auf Ernährung und Assimilation beschränken. Man wird wohl annehmen können, daß solche Halme auch in verhältnißmäßig höherem Grade durch die Beschattung und sonstige auf Verminderung der Biegungsfestigkeit hinwirkende Umstände in ihrer Steifheit beeinträchtigt werden als schon der Entwicklung nach stärkere Halme<sup>1)</sup>. Wenn freilich der dichte Stand mit recht magerem Wuchse verbunden ist, wird trotz der dünnen Halme um so weniger Lagerung eintreten, da gleichzeitig die aufrecht zu haltende Last sich vermindert.

Das beschleunigte Schossen dichter Saaten ist in der Praxis schon oft bemerkt worden, auch durch exacte Versuche nachgewiesen. So zog *Wollny*<sup>2)</sup> in Töpfen von 400 cm Grundfläche und 20 cm Tiefe Pflanzen in verschiedener Anzahl. Dieselben maßen am nämlichen Datum cm:

|        | 1 Pflanze | 4 Pflanzen | 9 Pflanzen | 16 Pflanzen | 25 Pflanzen |
|--------|-----------|------------|------------|-------------|-------------|
| Weizen | 20        | 27         | 31         | 35          | 39          |
| Roggen | 36        | 45         | 55         | 46          | 55.         |

Nach *F. Haberlandt* erfolgte das Schossen nach Tagen:

|              | Zahl der Pflanzen pro qm: |    |     |     |
|--------------|---------------------------|----|-----|-----|
|              | 25                        | 49 | 100 | 400 |
| Sommerweizen | 68                        | 68 | 65  | 65  |
| Sommerroggen | 54                        | 54 | 53  | 52  |
| Sommergerste | 64                        | 64 | 56  | 54  |
| Hafer        | 68                        | 66 | 65  | 65. |

Ebenso trat Aufblühen und Reifen bei den dichteren Saaten eher ein als bei den dünneren.

Die Hauptursache des beschleunigten Schossens dichter Saaten liegt jedenfalls in der stärkeren und frühzeitiger zu Stande kommenden Beschattung der jungen Halme, die Beschattung macht sich innerlich an

<sup>1)</sup> Man hat wiederholt beobachtet, daß geschröpfte, also der Lichtwirkung zugänglicher gemachte Saaten hinterher leichter lagern als nicht geschröpfte, in Folge der schwächeren Halme, welche die ersteren Saaten bei ungünstiger Witterung treiben.

<sup>2)</sup> Saat und Pflege der landw. Kulturpflanzen S. 399.

der verminderten Ausbildung der mechanischen Elemente, äußerlich an der größeren Länge der Internodien und ihrem rascheren Längenwachsthum bemerklich. Die besondere anatomische Ausbildung vollzieht sich gleichzeitig mit dem beschleunigten Längenwachsthum, diese beiderlei Vorgänge stehen jedenfalls zu einander in bestimmten Wechselwirkungen, sie erscheinen als Gesamttfolge der Lichtschwächung. In diesem Sinne ist das beschleunigte Schossen dichter Saaten keine denselben gegenüber dünnen Saaten extra zukommende Eigenthümlichkeit, nämlich extra neben den Folgen der stärkeren Beschattung für die innere Beschaffenheit der Internodien, vielmehr ist in den Folgen der stärkeren Beschattung nicht nur die besondere Ausbildung der Internodien, sondern auch deren raschere Streckung inbegriffen.

Dagegen ist es sehr wohl möglich, daß außer der Beschattung noch andere Ursachen zum beschleunigten Schossen dichter Saaten beitragen, und hierdurch die direkten Folgen der Beschattung in erhöhtem Betrage zur Entwicklung kommen. Wenn z. B. in Folge der gegenseitigen Beschränkung die Blätter in ihrer Function gehemmt werden, und auch die Sproßbildung gehemmt ist, so wird dies darauf hinwirken, daß die Pflanzen rascher von dem einen Stadium ihres Entwicklungszustandes in das folgende übergehen. Vielleicht ist es Abwesenheit dieses nämlichen Umstandes, der bei dünnen, erst durch Bestockung dicht werdenden Saaten späteren Eintritt des Schossens zur Folge hat. Allerdings wird sich dabei auch der Umstand geltend machen, daß der geschlossene Bestand der weiten Saat sich erst allmählich und später herstellt als bei der dichten Saat.

Kommen zu den Folgen der Beschattung und des gedrängten Standes der Pflanzen noch andere, die Streckung fördernde Umstände, z. B. hohe Temperatur, so werden dichte Saaten mehr davon benachtheiligt werden als dünne, weil es für die schon der Anlage nach schwächeren, durch den höheren Beschattungsgrad in der Ausbildung biegungsfester Internodien in höherem Grade benachtheiligten und überdies durch gegenseitige Beschränkung emporgetriebenen Halme höchst ungünstig wirken muß, wenn noch weitere, das Längenwachsthum beschleunigende Umstände auf sie einwirken.

Im Uebrigen sind hieher die Erörterungen des folgenden Abschnittes zu vergleichen.

### 5. Der Einfluß des rascheren Schossens gettler Getreide auf die Ausbildung der Halmfestigkeit.

Die zur Lagerung sich neigenden Saaten zeigen meist neben enormer Ueppigkeit schnelles Wachstum und beschleunigtes Emporschossen. In solchen Jahrgängen, wo der Witterungsverlauf an sich schon auf beschleunigtes Wachstum hinwirkt, ist auch die Gefahr der Lagerung selbst bei ursprünglich weniger üppigen und dünneren Saaten besonders groß. Umgekehrt kann auch der Wuchs sehr üppig und Lagerung drohend sein, aber letztere gleichwohl unterbleiben, wenn die spätere Witterung das Wachstum retardirt.

Natürlich hat bei dem beschleunigten Schossen üppiger Getreide die durch die reiche Laubmasse hervorgerufene stärkere Beschattung ihren Antheil, aber dieser Umstand genügt nicht, die Erscheinung zu erklären. Denn das beschleunigte Wachstum beschränkt sich nicht nur auf die unteren Internodien, dasselbe geschieht an den ganzen Pflanzen, wir sehen ja auch bei vollbeleuchteten Pflanzen bei üppigen Vegetationsbedingungen die ganze Entwicklung beschleunigt. Der Verlauf der Zuwachsbewegung hängt außer vom Grade der Lichtwirkung von der Temperatur, von der Feuchtigkeit in Luft und Boden, überhaupt von allen auf das Wachstum influirenden Umständen ab<sup>1)</sup>.

Es ist nun weiter die Frage, in wie fern dies beschleunigte Längenwachstum, soweit es das direkte Ergebnis üppiger Vegetationsbedingungen ist, auf die anatomische und physikalische Ausbildung und hierdurch auf die Steifheit der Internodien wirken kann.

Man kann sich wohl denken, daß beschleunigtes Schossen die Biegefestigkeit der Halme beeinträchtigt. Schon der Umstand muß ins Gewicht fallen, daß es unter diesen Umständen leicht an Bildungsmaterial zur vollkommenen Ausbildung der Halmelemente fehlen möchte, besonders wenn die üppige Saat gleichzeitig eine dichte ist. Weiter scheint es, daß bei sehr beschleunigter Zellenvergrößerung der Protoplasmakörper wie in seiner Lebensthätigkeit überhaupt, so auch in der Funktion der Membranbildung beeinträchtigt wird. Ferner sehen wir abnorme Wachstumserscheinungen in Folge beschleunigten Wachstums auch unter Verhältnissen

<sup>1)</sup> Zu vergleichen *Sachs*, Einfluß der Lufttemperatur und des Tageslichts auf die stündlichen und täglichen Aenderungen des Längenwachstums der Internodien. Arb. des bot. Inst. zu Würzburg. Bd. I. H. 2. (1872.)

eintreten, wo die Ursache der Beschleunigung nicht in der Beschattung liegt. Es ist hier auf die Wachthumserscheinungen zu verweisen, welche an verspäteten Frühjahrssaaten auftreten, wenn diese, bei genügender Feuchtigkeit, in höhere Temperatur gerathen. Es entstehen bei der alsdann abnorm beschleunigten Entwicklung schwache, zum Lagern geneigte Halme. *Heinrich* vermochte von Hafer im Vegetationshaus im Sommer immer nur schwächliche Exemplare zu erzielen, welche enorme Höhe erreichten, aber dünne, leicht zum Lagern geneigte Halme besaßen. Dasselbe ergibt sich aus den Untersuchungen von *Bialblocki*<sup>1)</sup>. Roggen, Gerste und Weizen wurden bei verschiedenen konstanten Bodentemperaturen gezogen. Die oberirdischen Theile zeigten bei  $+10^{\circ}$  eine langsame Entwicklung, sie waren aber am kräftigsten gebaut, hatten dicke Halme und kurze, breite, fleischige Blätter. Je höher die Temperatur (bis  $+30^{\circ}$ ), desto beschleunigter war die Entwicklung, desto länger und schmaler die Blätter, desto dünner die Stengel. „Es ist wahrscheinlich, daß diejenige Temperatur, welche die kräftigste Ausbildung der Theile, die größte Festigkeit der Gewebe erzeugt, niedriger liegt als diejenige, bei welcher die Streckung der im Längenwachstum begriffenen Organe am meisten beschleunigt ist<sup>2)</sup>.“

Nach den früheren Erörterungen ist der geile Zustand, in welchen die Pflanzen bei üppigen Vegetationsbedingungen gerathen, charakterisirt durch größere Weichheit der Halme. Da diese besondere Beschaffenheit geil gewachsener Pflanzen gleichzeitig mit der beschleunigten Entwicklung zur Ausbildung kommt, da ferner die Art der inneren Ausbildung und des Verlaufs des Wachsthum sicher in Wechselwirkung stehen, so verhält es sich mit den Folgen des geilen Wachsthum ähnlich wie mit den Folgen der Beschattung: innere Ausbildung und beschleunigtes Wachsthum erscheinen als innerlich zusammenhängende Gesamtwirkung der üppigen Vegetationsverhältnisse. Diese Gesamtwirkung geht aber bei den unteren Internodien gleichsinnig mit der Gesamtwirkung der Beschattung; als Gesamtergebnis dieser beiden Wirkungen kann deshalb ein viel höherer Grad der Halmschwäche entstehen, als nach dem obwaltenden Beleuchtungsgrade allein hätte eintreten können.

<sup>1)</sup> Ueber den Einfluß der Bodenwärme auf die Entwicklung einiger Kulturpflanzen. 1872.

<sup>2)</sup> *Frank*, Pflanzenkrankheiten. S. 210.

Schließlich sei bemerkt, daß das beschleunigte Schossen geiler Getreide in indirekter Weise auch insofern in Betracht kommen mag, als, wie *Nowacki* will, dem Lichte weniger Zeit bleibt, seine Wirkung auf die Internodien auszuüben.

### 6. Zusammenfassung.

Wenn es auch zur Zeit mehrfach an der befriedigenden exakten Begründung fehlt, so lassen sich doch alle von den Autoren als bei der Lagerung betheilt angegebenen Umstände mehr oder weniger rechtfertigen. Dagegen war es ein Mangel, daß bald dieser, bald jener Umstand einseitig betont, und darüber außer Acht gelassen wurde, daß der Verlauf des Wachsthum und der inneren Ausbildung der Halme das Ergebnis der gleichzeitigen Wirkung verschiedener Faktoren ist. Soweit dieselben in gleicher Richtung wirken, kann das Ergebnis wesentlich anders werden, als wenn ein einzelner Faktor in einem bestimmten Intensitätsgrade wirksam gewesen wäre.

Die Lagerung ist die Folge des Mißverhältnisses zwischen Länge und Gewicht der Halme mit ihren Blättern und Aehren einerseits, der Biegefestigkeit der Halmbasis andererseits. Die aufrecht zu haltende Last nimmt zu besonders durch üppige Vegetationsbedingungen, auf Verminderung der Biegefestigkeit wirken mehrere Ursachen ein:

1. Mangelhafte Beleuchtung der unteren Internodien, indem hiedurch ein besonderer anatomischer Bau und besondere physikalische Eigenschaften entstehen.

2. Ueppige Vegetationsverhältnisse, indem diese direkt und gleichsinnig mit der mangelhaften Beleuchtung auf die anatomischen und physikalischen Eigenschaften einwirken. Indirekt wirken sie insofern, als die Beschattung durch den üppigen Wuchs zunimmt.

3. Höhere Luftfeuchtigkeit in dem geschlossenen Bestande. Auch diese beeinträchtigt die Ausbildung der mechanischen Elemente und steigert das Etiolement.

4. Gedrängter Stand der Halme, indem hiebei schwächlichere Halme entstehen, die gegen sonstige schwächende Ursachen empfindlicher sind. Indirekt wirkt gedrängter Stand durch gesteigerte Beschattung.

Beschattung, gedrängter Stand, üppige Vegetationsbedingungen machen sich äußerlich durch Beschleunigung des Längenwachsthum bemerklich,

und steht dieser Vorgang in Wechselwirkung mit der anatomischen und physikalischen Ausbildung der Halminternodien.

Wenn sich in dieser Weise die verschiedenen beteiligten Faktoren theoretisch auseinanderhalten lassen, so sind sie bei lagerndem Getreide in Wirklichkeit gleichzeitig mehr oder weniger thätig; je mehr sie alle thätig sind, um so leichter wird Lagerung eintreten können: das Lagern ist am häufigsten bei dichter Saat, üppigem Boden und warmer, niederschlagsreicher Witterung. Gewöhnlich wird behauptet, daß die Beschattung resp. das hiedurch bewirkte theilweise Etiollement der einzig und allein entscheidende Faktor sei, man stützt sich darauf, daß üppige, aber freistehende Pflanzen niemals zum Lagern kommen. Indessen ist zu beachten, daß Unterbleiben des Lagerens bei freiem Stande auch nicht allein auf die Retardirung des Längenwachstums und die Förderung der Ausbildung der mechanischen Elemente durch das Licht zurückgeführt werden kann. Denn freistehende Pflanzen sind von jenen in geschlossenem Bestande auch noch in anderen Verhältnissen verschieden als bloß im Beleuchtungsgrade. Bei freiem Stande geschieht ausgiebigere Assimilation, zur Zeit des Schossens ist mehr organisches Material zur vollkommenen Ausbildung der Internodien vorhanden, und die Halme werden von Anfang an stärker. Auch ist die Transpiration stärker, theils als Folge des stärkeren Luftwechsels, theils als Folge der intensiveren Beleuchtung; stärkere Transpiration verlangsamt aber die Streckung und ermöglicht die festere Ausbildung der Internodien. Vielleicht ist auch die verstärkte mechanische Wirkung des Windes in Richtung der Ausbildung biegungsfesterer Internodien thätig<sup>1)</sup>. Endlich muß auch die größere Gleichmäßigkeit der Entwicklung aller Organe der vollbeleuchteten Pflanze von Einfluß sein auf die Aufeinanderfolge der Entwicklungsstadien und den Verlauf derselben; die größere Gleichmäßigkeit macht sich in der größeren Lebensdauer aller Theile und in der länger dauernden sproßbildung kenntlich. Trotz allen diesen Einwirkungen gehen aber üppige Vegetationsverhältnisse nicht spurlos an Entwicklung und Or-

---

<sup>1)</sup> *M. Scholtz* untersuchte den Einfluß der Dehnung auf das Längenwachstum (Forschungen auf dem Geb. d. Agrikulturphys. XI. S. 420). Die lebhaft wachsenden Pflanzen wurden durch verschieden schwere Gewichte gedehnt. Es hängt von der spezifischen Empfindlichkeit der Pflanzen und von der Größe des Gewichtes ab, ob die Dehnung das Wachsthum verzögert oder beschleunigt.

ganisation der freistehenden Pflanzen vorüber, vielmehr lassen sich an diesen Pflanzen gewisse ähnliche Besonderheiten erkennen wie an geilen Pflanzen des geschlossenen Bestandes.

Da nicht in Abrede zu stellen ist, daß der Beleuchtungsgrad den anderen Ursachen gegenüber meist eine besonders maßgebende Rolle spielt, so kann man die Beschattung als Haupt-, die sonstigen Umstände als Nebenursachen des Lagerens unterscheiden. Immerhin aber ist es nicht zulässig, die begleitenden Nebenumstände ohne Weiteres auch für so nebensächlich zu halten, daß sie der Hauptursache gegenüber gar nicht in's Gewicht fallen. Auf der einen Seite ist der Fall möglich, daß die Beschattung so beträchtlich wird, daß die Halmschwächung ohne Rücksicht auf die Nebenumstände den zur Lagerung führenden Grad erreicht, auf der anderen Seite können es aber auch gerade die Nebenursachen sein, welche den Ausschlag geben, indem sie sozusagen das Maß der Halmschwächung erst vollmachen: ein Beschattungsgrad, der an sich nur verhältnißmäßig geringe Etiolirungserscheinungen an den unteren Internodien hätte bewirken können, kann auch erst dadurch gefährliche Folgen haben, daß z. B. üppige Vegetationsbedingungen in direkter Wirkung die Biegungsfestigkeit in weit höherem Betrage herunterdrücken, als dem Beschattungsgrade allein angemessen gewesen wäre<sup>1)</sup>. Beobachtet man die Lagerung im Einzelnen auf verschiedenen Feldern, bei verschiedenen Saatstärken, verschiedener Witterung u. s. w., so wird man eine große Mannigfaltigkeit der Kombinationen der thätigen Faktoren erkennen und öfter Fälle finden, wo es sehr unwahrscheinlich ist, daß ein verschiedener Beschattungsgrad es sein soll, demzufolge die eine Saat lagert, die andere nicht, im Gegentheil kann es sogar vorkommen, daß gerade da Lagerung eintritt, wo die Beschattung geringer ist. Die Bedeutung der Nebenursachen läßt sich auch daran erkennen, daß z. B. ein Feld, welches nach Staudichte, Ueppigkeit und Beschattung alle Anzeichen drohender Lagerung aufweist, gleichwohl davon verschont bleiben kann, wenn beim Schossen eine das Wachstum hemmende Witterung herrscht, z. B. an Stelle verstärkter Lichtwirkung niedere

<sup>1)</sup> Bei den oben erwähnten Versuchen von *Heinrich* war übrigens eine „Nebenursache“, die durch hohe Temperatur beschleunigte Streckung, die alleinige Ursache der Lagerungsdisposition der betreffenden Halme. Dies ist ein Gegenstück zu dem andern Extrem, wenn nämlich das Lagern einzig vom Etiolement rührt.



Temperatur das Längenwachstum retardirt. Andauernde trockene Winde während des Schossens solch' üppiger Saaten können in derselben Weise wirken.

Wie der Verlauf des Wachthums überhaupt nicht von einem Faktor allein bestimmt wird, sondern von sämtlichen das Wachstum beeinflussenden Umständen, so gilt dies auch von denjenigen Wachstumsvorgängen, welche zur Lagerung führen.

Die genauere Beobachtung lagernder Felder ist sehr lehrreich, mit Rücksicht auf die Umstände, deren Zusammenwirken das Lagern hervorgerufen hat. Es mögen etliche Beispiele beschrieben werden.

Auf einem mit Klee untersäten gedrillten Gerstenacker kamen auf etlichen Geilstellen die Pflanzen zur Lagerung, während sie ringsum aufrecht blieben. In den Geilstellen war der Bestand dicht geschlossen, aber der Bestand ringsum war ebenso dicht, überdies war allenthalben der junge Klee abnorm stark entwickelt, so daß durchaus nicht anzunehmen war, daß die unteren Internodien an den Geilstellen beim Schossen in höherem Grade beschattet gewesen wären als an den weniger üppigen. Die Internodien der geilen Halme wurden wesentlich länger, nicht bloß die unteren, die Halme waren dicker, schwerer, länger, der Unterschied in der Dicke der untersten und der oberen Internodien war auffällig beträchtlicher als bei den ringsum stehenden Pflanzen. Die aufrecht zu haltende Last war demnach wesentlich größer bei den geilen Pflanzen, während andererseits die unteren Internodien erheblich länger waren, als dem herrschenden Beschattungsgrade allein zu bewirken möglich gewesen wäre. An solchen Stellen, wo Baumschatten herrschte, lagerten sich die Halme unterschiedslos um die Geilstellen wie in den letzteren. Bemerkt muß noch werden, daß der ganze Acker in kräftigem Zustande sich befand, und daß die Witterung abnorm günstig war, so daß bei allen Pflanzen reichliche Blattbildung entstehen konnte.

Ein zweites Beispiel bezieht sich auf Winterweizen, der (1889) in ungewöhnlicher Raschheit zum Schossen kam, als Folge abnorm hoher Temperaturen des Mai und Juni, während gleichzeitig reichlich Feuchtigkeit zur Verfügung stand; es herrschte das richtige feuchtwarme Lagerungswetter. Der betreffende Acker stand in guter, aber durchaus nicht übermäßiger Nährkraft. Der Weizen war spät gesät, vor Winter eben aufgegangen, auch bis Ende April sehr schwach, so daß an Lager-

frucht kein Gedanke war. Der warme Mai holte das Versäumte nach, die Bestockung blieb aber mittelmäßig, weil das Schossen zu frühzeitig begann: der Weizen war gedrillt, bei gleicher Saatstärke in den Reihen auf 10,3, 13,5 und 19,4 cm Reihenabstand. Es stellte sich schließlich heraus, daß die größte Reihenweite zu groß war, um die höchsten Erträge an Stroh und Korn geben zu können, die Erträge waren am höchsten bei dem mittleren Reihenabstande. Dagegen sahen die Pflanzen der größten Weite am kräftigsten aus, die Halme wurden am längsten und stärksten, der Bestand schloß sich aber wesentlich später als bei den engeren Reihen. Kurz nach der Blüte, als schon die Körnerbildung begonnen hatte, traten schwere Regen ein. Die engsten Reihen blieben vollkommen aufrecht, die weiteren und weitesten kamen aber zum Lagern, und zwar zum Lagern im gewöhnlichen Sinne, nicht daß etwa sog. Windbruch vorgelegen hätte.

Das abweichende Verhalten dürfte in der Weise zu erklären sein, daß bei den engsten Reihen die Pflanzen einander in Bezug auf die Nahrung lebhaftere Konkurrenz machten; bei der beschränkten Ernährung vermochte die üppige Witterung auch nur in beschränktem Maße auf die Pflanzen einzuwirken, die Halme wuchsen deshalb trotz der üppigen Witterung verhältnißmäßig mager heran, ihre Biegefestigkeit genügte, um dem Regen Widerstand leisten zu können, um so mehr, da auch die aufrecht zu haltende Last geringer war. Die Pflanzen der weiteren Reihen befanden sich aber unter besserer Ernährung, in Folge dessen mußten auch die die Halmfestigkeit verringernden Wirkungen des üppigen Wachswetters beträchtlicher ausfallen. Die Last war allerdings auch größer, aber dies wird weniger ins Gewicht fallen, da diese Halme entsprechend dicker beschaffen waren. Man wird schwerlich das verschiedene Verhalten der verschieden weiten Reihen auf verschiedenen Beleuchtungsgrad zurückführen können, die Beleuchtung war vielmehr besser bei den spät und knapp zuwachsenden weitesten Reihen. Bei normaler Witterung müßte dieser Beleuchtungsgrad genügt haben, um eine der stattgehabten Regenwirkung widerstehende Halmfestigkeit hervorzurufen, ganz wie dies bei der engsten Saat der Fall war.

Während in dem eben besprochenen Falle keine übermäßige Bestockung stattfand, diese vielmehr nur mittelmäßig blieb, können in anderen Fällen üppige Vegetationsbedingungen bei weiten Saaten schon

vor dem Schossen die Lagerungsgefahr einleiten, wenn nämlich die Bestockung übermäßig wird. Wie oben angegeben, ist *Nowacki* der Ansicht, daß zwischen Bestockung und Lagerung nicht der gewöhnlich angenommene Zusammenhang sei, daß starke Bestockung zur Lagerung führe, im Gegentheil sei eine stark bestockte Saat gegen Lagerung eher geschützt. Daß manchmal andere Ursachen es sind als die starke Bestockung, welche bei dünnen Saaten zur Lagerung führen, dafür hat das eben mitgetheilte Beispiel einen Beleg gegeben. Im Uebrigen aber dürfte doch wohl die bestehende Ansicht begründet sein, daß dünne Saaten auch einmal durch Bestockung so dicht werden, daß die erhöhte Beschattung die Lagerung zur Folge hat. Daß eine dünne, erst durch Bestockung dicht werdende Saat weniger leicht lagert als von vornherein durch starke Saat herbeigeführter dichter Stand, ist ja richtig, aber dabei ist immerhin vorausgesetzt, daß die Bestockung gewisse Grenzen nicht überschreitet und rechtzeitig durch den Beginn des Schossens zum Abschlusse kommt. Erst damit, daß die Sprosse entstehen, wird der verfügbare Lichtraum ausgefüllt, ist aber derselbe vollkommen ausgefüllt, so genügt das Blätterdach der Sprosse längst, um die untersten Internodien gehörig beschatten zu können. Mit Beginn des Schossens sind die Sprosse nicht mehr auseinandergebreitet, diese einige Zeit, namentlich bei gemäßigter Temperatur, herrschende so günstige Stellung der Sprosse zur Beleuchtung ist gerade in dem Stadium nicht mehr vorhanden, in welchem das Licht am nothwendigsten auf die jungen Internodien einwirken sollte. Entscheidend für die Halmfestigkeit sind, soweit es sich nicht um die stärkere Anlage und bessere Ernährung der sich streckenden Halme handelt, die Beleuchtungsverhältnisse während des Schossens, und in dieser Beziehung kann sehr wohl reichliche Bestockung auch bei dünnen Saaten die Lagerungsgefahr drohender machen, als solche bei weniger reichlicher Bestockung gewesen wäre. Auch die Erfahrung, daß unter gewissen Verhältnissen spätere Saat des Wintergetreides gegen Lagerung schützt, und daß tiefere Saat bei üppigem Boden in gleicher Richtung wirksam ist<sup>1)</sup>, kann nicht wohl anders verstanden werden, als daß es sich hiebei um schwächere Bestockung han-

---

<sup>1)</sup> *Wollny*, l. c. S. 454: Pflanzen aus tieferer Saat bestocken sich (im Allgemeinen) schwächer als solche aus geringerer Saattiefe.

delt. Dabei ist natürlich vorausgesetzt, daß es nicht etwa zu starke Saat ist, welche solche Beschränkung nothwendig macht.

Der dermalige Stand von der exakten Kenntniß der bei der Lagerung in Betracht kommenden und dazu in näherer oder fernerer Beziehung stehenden Umstände weist noch recht empfindliche Lücken auf. Diese Lücken bestehen nicht allein bei den in Obigem berührten Umständen, sondern auch bei mehrfachen anderen, die bis jetzt kaum irgendwo in Betrachtung gezogen wurden.

So ist darüber nichts bekannt, ob und in wie fern die Differenzen in der Steifheit der Halme von lagerndem und nicht lagerndem Getreide mit der Zeit sich verändern, und inwiefern solche Veränderungen dabei betheiligte sind, daß das Lagern bei einer bestimmten Entwicklungsstufe der Pflanzen am häufigsten eintritt. Es ist wenigstens sehr wahrscheinlich, daß sich die ausgewachsenen und innerlich ausgebildeten Halme der beiderlei Getreide in ihrer Biegungsfestigkeit nicht bis zum Stadium der Reife in gleichem Betrage unterscheiden, in welchem Verhältnisse aber diese muthmaßlichen Veränderungen bei den verschiedenen konstruirten Halmen lagernden und nicht lagernden Getreides geschehen, darüber läßt sich nichts angeben<sup>1)</sup>. Wahrscheinlich kommt es außer auf den Verlauf der Wandverdickung auch auf Aenderungen im Wassergehalte der Membranen an, zum Theil werden Turgeszenzänderungen in Betracht kommen. *F. Haberlandt* fand<sup>2)</sup>, daß bei Pflanzentheilen, welche im trockenen Zustande in Folge Verholzung und Verkieselung der Zellen eine große Härte besitzen<sup>3)</sup>, die Tragfähigkeit durch Einweichen mitunter erhöht wird. Von Roggenstroh wurden aus der Halmwandung 2 mm breite und 120 mm lange Bänder geschnitten und im nassen und trockenen Zustande auf ihre Tragfähigkeit geprüft.

<sup>1)</sup> *Koch* verglich etiolirte und frei gewachsene Halme zur Zeit der Blüthe; die Verfolgung der nachträglichen Veränderungen hielt er für unnöthig, er bemerkt nur, daß Aenderungen in den Verdickungsverhältnissen von der Blüthe bis zur Reife hauptsächlich nur die faserähnlichen Zellen betreffen, welche die Verdickung bis zu einem sehr kleinen Zelllumen fortsetzen.

<sup>2)</sup> Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik. Bd. I. S. 426. *Weinzierl*, Beiträge zur Lehre von der Festigkeit und Elastizität vegetabilischer Gewebe und Organe. Sitzgsber. der Wiener Akad. 1877.

<sup>3)</sup> Dagegen trugen Hanfbastbänder und Hobelspähne verschiedener Holzarten im nassen Zustande ein geringeres Gewicht.

|                                       | Dicke der Wand.<br>mm | Tragfähigkeit in kg. |       |
|---------------------------------------|-----------------------|----------------------|-------|
|                                       |                       | trocken.             | naß.  |
| Bänder vom 1. (untersten) Internodium | 0,563                 | 5,37                 | 7,6   |
| „ „ 2.                                | 0,413                 | 4,55                 | 5,35  |
| „ „ 3.                                | 0,342                 | 3,40                 | 4,25  |
| „ „ 4.                                | 0,336                 | 2,29                 | 4,15  |
| „ „ 5.                                | 0,288                 | 1,30                 | 3,80. |

*Detlefsen*<sup>1)</sup> untersuchte die Abhängigkeit der Steifheit eines Roggenhalms vom Wassergehalte und fand, daß sich das Biegemoment um so mehr vermindert, je trockener der Halm wird. Hierbei wurde aber keine künstlich gesteigerte, scharfe Austrocknung angewandt.

| Senkung bei 50gr.<br>Belastung (mm) | Wassergehalt.       | Biegemoment. |
|-------------------------------------|---------------------|--------------|
| 3,84                                | 1,341 <sup>2)</sup> | 1            |
| 3,91                                | 1,129               | 0,982        |
| 3,93                                | 0,339               | 0,977        |
| 3,96                                | 0,189               | 0,969        |
| 3,99                                | 0,156               | 0,963        |
| 4,10                                | 0,129               | 0,936.       |

Wahrscheinlich sind alle Pflanzentheile, wenn ihre Zellhäute mit Wasser gesättigt sind, stets steifer als bei geringerem Wassergehalte, so daß also ein weniger Wasser enthaltender lebender Pflanzentheil stets nicht so steif ist, als er sein könnte.

Eben so wenig ist genauer bekannt, in wie fern die Eigenthümlichkeiten der Arten und Varietäten bei den zur Lagerung disponirenden Verhältnissen von Einfluß sind. Die verschiedenen Varietäten unterscheiden sich in der Bestockungsfähigkeit, in der Neigung, in geilen Zustand zu gerathen, in den physikalischen Eigenschaften der Halme, die aber selbst wieder von den äußeren Verhältnissen beeinflußt werden. Erfahrungsgemäß bekommt das Stroh derselben Art und Varietät je nach Boden und Witterung eine verschiedene Beschaffenheit, in feuchten Jahren, bei raschem Schossen wird es voluminös, aber leicht u. s. w. Auch der Entwicklungsgang der verschiedenen Varietäten und die Abänderbarkeit

<sup>1)</sup> Arbeiten des botan. Instit. zu Würzburg. Bd. III. (1887.) S. 413.

<sup>2)</sup> Der Wassergehalt geht von 57,37 auf 11,38% herunter.

desselben durch äußere Einflüsse ist verschieden. Etliche Andeutungen hierüber geben die Beobachtungen von *Stössner*<sup>1)</sup>. Derselbe fand, daß die Internodien verschiedener Varietäten bei Lichtabschluß sich verschieden verhalten, namentlich war zu konstatiren, daß sich die unterirdischen Internodien in der Neigung zur Streckung unterschieden. So war bei der Chevaliergerste bei einer Saattiefe von 2 cm noch kein Internodium entstanden, nur eines bis zur Tiefe von 7 cm, ein zweites erschien erst zum Theil bei 8 cm, allgemein erst von 9 cm Tiefe an. Die Pfauengerste bildet dagegen viel leichter einen zweiten Knoten, ein solcher entstand schon bei 2 cm Tiefe. Die unterirdischen Internodien des Folbierweizens waren etwas kürzer als die des Probsteier, man kann diese Beobachtung nach *Stössner* auch an der ganzen Pflanze machen. Wir erkennen hier eine verschiedene Reaktion gegen äußere Einflüsse bei verschiedenen Varietäten, was sich wohl auch im Verhalten zu den auf Lagerung hinwirkenden Ursachen geltend machen muß. Natürlich kann, wenn bei sonst gleichen Verhältnissen die eine Varietät lagert, die andere nicht, die Differenz auch durch den verschiedenen augenblicklichen Zustand bewirkt sein, in welchem sich die eine oder andere Varietät zu der Zeit befand, als die auf Lagerung hinwirkenden äußeren Umstände thätig waren. Es mögen solche Verschiedenheiten des augenblicklichen Zustandes manchmal auch bei einer und derselben Varietät die Erklärung dafür geben, warum auf dem einen Felde Lagerung eintritt, auf dem andern unterbleibt.

Das Lagern der Getreide ist nicht, wie zur Zeit meist geglaubt wird, ein einfaches und ursächlich leicht zu durchschauendes Phänomen, vielmehr wird dasselbe durch die Wechselwirkung der verschiedenen, das Wachsthum beeinflussenden Umstände und die mannigfachen Kombinationen, in denen diese Umstände je nach Boden, Lage, Witterung, Standraum der Pflanzen, Art- und Varietäteeigenthümlichkeiten thätig sind, in hohem Grade verwickelt. Wenn auch unbestritten das durch Beschattung bewirkte partielle Etiollement der unteren Internodien in den meisten Fällen von ganz besonderer Wichtigkeit ist, deshalb als äußere **Hauptursache**

<sup>1)</sup> Untersuchungen über den Einfluß verschiedener Aussaatiefen auf die Entwicklung einiger Getreidearten. Landw. Jahrbücher. XII. (1887.)

des Lagerns der Lichtmangel bezeichnet werden kann, so ist die Theorie, welche nur den Faktor der Beschattung gelten lassen will, gleichwohl nicht genügend, um in allen Fällen über Eintritt oder Unterbleiben des Lagerns befriedigend Rechenschaft geben zu können, es muß auch auf die sonstigen, das Wachsthum und die innere Ausbildung der Pflanzen beeinflussenden Faktoren Rücksicht genommen werden. Ohne die Nebenursachen würde das Lagern viel weniger häufig eintreten, als thatsächlich der Fall ist.

---

### Neue Litteratur.

**E. Godlewsky.** Ueber die biologische Bedeutung der Etiolirungserscheinungen. Biologisches Zentralblatt. Bd. IX. Nr. 16. 1889. — Botan. Zentralblatt von *Uhlworm*. Bd. XLI. Nr. 8. S. 257.

Bisher hat man stets das Etiollement als eine Pflanzenkrankheit bezeichnet, ohne zu untersuchen, ob dasselbe von irgendwelcher nutzbringenden Bedeutung für das Pflanzenleben sei; man hat nicht daran gedacht, daß diese Krankheit von jeder Pflanze im Anfang ihrer Entwicklung durchgemacht werden muß und daß, wäre die Pflanze nicht im Stande, im Dunkeln sich anders zu verhalten als im Lichte, ihre Existenz wohl kaum möglich wäre. Verf. hebt diese interessante Thatsache hervor und zeigt, welche großen Vortheile diese Erscheinung im jüngsten Zustande den letzteren gewährt<sup>1)</sup>. Radikula und Plumula des Embryo beginnen ihr Wachsthum in tiefer Dunkelheit, und eine, selbst oberflächliche Betrachtung beweist, daß sie alle charakteristischen Merkmale des Etiollements zeigen. Diese Erscheinung in der ersten Entwicklungsperiode kann aber nicht als etwas Krankhaftes bezeichnet werden, denn unter Krankheit verstehen wir stets ein dem Organismus Schädliches, das, was für seine Existenz nachtheilig ist, während das Etiollement für die heranwachsenden Pflanzen von hervorragender Bedeutung ist. Bei dikotylen Pflanzen macht sich das Etioliren durch eine starke Verlängerung der Internodien und durch Kleinbleiben und Nichtentfaltung der Blattflächen geltend. Die bedeutende Verlängerung der Internodien rührt davon her, daß eine größere Menge plastischer Stoffe verbunden mit einer größeren Menge Organisationswasser zum Wachsthum der Internodien verbraucht werden. Die Folge davon ist, daß die etiolirten Internodien zwar länger, dafür aber weniger fest, dünnwandiger, kurz viel schwächer sind als bei Lichtpflanzen.

<sup>1)</sup> Die Ausführungen des Verf. bieten nichts Neues, nachdem die biologische Bedeutung der betreffenden Erscheinungen bereits von *C. Kraus* (diese Zeitschrift. Bd. I. 1878. S. 182 und Bd. II. 1879. S. 171), sowie vom Herausgeber (*Saat und Pflege der landw. Kulturpflanzen*. Berlin. 1886. S. 566 u. ff.) in eingehender Weise behandelt wurde. *D. H.*

Was das Kleinbleiben der Blätter betrifft, so rührt dasselbe davon her, daß zum Wachstum derselben viel weniger plastisches Material in Verbindung mit geringen Quantitäten Organisationswasser zur Verwendung kommt als bei Lichtpflanzen. So wurden z. B. von gleichen Mengen der organischen Trockensubstanz eines Phaseolussamens verwendet:

|                          | Bei etiolirter Pflanze | Bei grüner Pflanze |
|--------------------------|------------------------|--------------------|
| zum Wachstum der Blätter | 0,042 gr               | 0,075 gr           |
| „ „ „ Stengel            | 0,202 „                | 0,142 „ .          |

Auf je 1 mgr der organischen Trockensubstanz kam Organisationswasser:

|                 | Bei etiolirter Pflanze | Bei grüner Pflanze |
|-----------------|------------------------|--------------------|
| in den Blättern | 6,2 mgr                | 17,8 mgr           |
| „ „ Stengeln    | 19,2 „                 | 15,8 „ .           |

Was aber würde die Pflanze gewinnen, wenn sie sich unter der Erde, also in der Dunkelheit ebenso entwickeln würde wie im Licht? Es müßte als unnütze Stoffverschwendung angesehen werden, würde in dieser Zeit das plastische Material vorzugsweise zum Aufbau der Blätter verwendet werden; auch würde der Widerstand, den die Erde diesen Blattflächen entgegensetzen würde, kaum von der Pflanze zu überwinden sein, und das Blatt, ehe es an's Licht käme, manche Verletzung und Beschädigung erlitten haben. Die durch das Etiollement bedingten kleinen und zusammengefalteten Blättchen können aber leicht den Widerstand der Erdschicht überwinden und an das Licht dringen, und daß letzteres in möglichst kurzer Zeit geschieht, dafür sorgt das ebenfalls durch Etioliren bewirkte rasche Wachstum der Internodien. Die Pflanze gelangt durch die letzte Erscheinung sehr schnell zur selbstständigen Ernährung, was bei langsamem Wachstum der Internodien nicht der Fall sein würde; auch könnte dieselbe leicht, wenn sie in Folge der letztgenannten Ursache allzulange im Dunkeln verweilen müßte, ihr gesamtes plastisches Material verathmen und an Erschöpfung zu Grunde gehen. Auch das Fehlen der mechanischen Konstruktion der Internodien bietet in dieser ersten Entwicklungsperiode den Pflanzen keine Nachteile, denn dieselben sind vor direkter Windwirkung geschützt und die den Stengel umgebende Erde bildet eine hinreichende Stütze für denselben und bewahrt ihn vor mechanischen Beschädigungen. Wir sehen also, daß das Etiollement in der Jugendzeit dikotyler Pflanzen denselben zum größten Vortheil gereicht, und nicht weniger ist dies bei den Monokotylen der Fall. Hier charakterisirt sich das Etioliren dadurch, daß die ersten Blätter und Blattscheiden sehr schmal bleiben, dafür aber desto länger werden. Diese Beschleunigung des Längenwachsthumms auf Kosten ihrer Breite bewirkt, daß die Blätter leicht das Erdreich durchbrechen und schnell zum Lichte gelangen können, denn auch hier würde langes Verweilen im Dunkeln dieselben Nachteile haben wie bei den Dikotylen. Das Verhältniß von plastischer Substanz und Organisationswasser bei etiolirten und grünen Pflanzen ist hier das nämliche wie bei den vorigen.

Verf. erblickt auf Grund dieser Thatsachen in den durch Etiollement bedingten Formveränderungen keineswegs etwas Zufälliges oder gar Krankhaftes, sondern hält diese Abweichungen für sehr vollkommene und zweckmäßige Anpassungserscheinungen an die gewöhnlichen Entwicklungsbedingungen.



Um zu sehen, wie lange eine Pflanze mit reichem Reservestoffmaterial die Anpassung an länger dauernde Finsterniß, ohne Schaden zu nehmen, ertragen könne, hat Verf. folgende Versuche mit *Phaseolus multiflorus* angestellt. Mehrere Samen wurden im Freien ungefähr 4 cm tief in die Erde versenkt; über einige derselben wurden weite Drainröhren von 25 cm Höhe, über andere solche von 50 cm Höhe, die oben mit einem Brette verschlossen werden konnten, gestülpt. Alsdann wurde in diese Röhren täglich so viel Erde gestreut, daß die Spitzen der jungen Pflänzchen stets von einer wenige Centimeter mächtigen Erdschicht bedeckt waren. Dies wurde so lange wiederholt, bis die Röhren fast völlig mit Erde angefüllt waren.

Die Folge hiervon war, daß drei Pflänzchen eine dunkle Strecke von 25 cm, drei andere eine solche von 50 cm zurücklegen mußten, ehe sie an's Licht kamen. Die ersteren drei Pflänzchen entwickelten sich am Licht normal weiter, blühten und trugen reichliche Früchte; die drei anderen, welche eine Strecke von 50 cm im Dunkeln zurückgelegt hatten, waren später bedeutend schwächer entwickelt, sie blühten zwar noch, jedoch wurden ihre Samen nicht mehr reif. Die Versuche zeigen, wie lange es den Pflanzen möglich war, im Dunkeln zu wachsen, ohne zu Grunde zu gehen.

**F. Tschaplowitz.** Beitrag zur Lehre von der Wasserbewegung in der Pflanze. Gartenwissenschaftl. Versuche. K. pomol. Versuchsstation Proskau. Botan. Zentralblatt von *Uhlworm*. Bd. XLI. No. 5. 1890. S. 149.

Verf. sucht den Luftgehalt der betreffenden bei der Wasserleitung in den Pflanzen in Betracht kommenden Elementarorgane gegenüber den Behauptungen *Scheit's*<sup>1)</sup> festzustellen und seinen Einfluß auf die Wasserbewegung klarzulegen. Das Drainwasser der Proskauer Baumschulen, welches bei einer Temperatur von 6,7—8° C. untersucht wurde, enthielt im Durchschnitt 21,64 ccm Luft auf 1 L (reduziert auf 0° und 760 mm B.). Jedes Liter Wasser, welches den Stamm passiert, ist nun im Stande, demselben einige Kubikcentimeter Luft zuzuführen. Nimmt man die Temperatur des Bodenwassers zu 7° C., die des Stammes zu 15° C. an, so beträgt nach *Bunsen's* Absorptionskoeffizienten die abzugebende Luftmenge annähernd 3 ccm, gleichen Luftdruck vorausgesetzt. Zur Feststellung des Vorhandenseins von Luft in den Gefäßen wurden kurze, etwa einen Centimeter lange Stückchen von frischen, unter Wasser abgeschnittenen Stämmchen unter Wasser geschält, vom Mark befreit und hierauf mit einer geeigneten Zange unter Wasser stark gepreßt, alsdann stiegen zahlreiche kleine Luftbläschen aus ihnen auf, welche mit der Lupe sehr deutlich zu erkennen waren. Um diese Luftmenge zu messen, wurden auf gleiche Weise behandelte Holzstückchen in einer Quecksilberluftpumpe von Luft befreit. 1 Kubikcentimeter des Holzes eines dreijährigen Schosses von *Spiraea opulifolia* enthielt 0,09 ccm Luft, ein Kubikcentimeter eines Zweiges der Stieleiche 0,12 ccm und ein solcher der Haselnuß 0,21 ccm. Berechnet man jedoch die Größe der Leistung dieser Luft, so findet man, daß dieselbe keineswegs genügt, das Wasser durch den Stamm hindurch zu treiben, da die Temperaturunterschiede zwischen Wurzel und Krone zu un-

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. VIII. 1885. S. 52, 135 und 275.

bedeutende sind. Auch die Transpiration kann bei der Wasserbewegung in den Holzstämmen nur eine geringe Rolle spielen. Während *Böhm*<sup>1)</sup> (Versuchsstat 1877, S. 257) annimmt, „daß die äußersten transpirirenden Zellen durch ihre Wasserabgabe zunächst zu einem Theil entleert und somit durch die äußere Atmosphäre eingedrückt werden, daß alsdann die Zellhaut vermöge ihrer Elastizität wieder ihrer normalen Lage zustrebt und dadurch einen Zug auf die Zellflüssigkeit ausübt, welche ihrerseits von rückwärts her aus anderen Zellen die Flüssigkeit nachzieht, wobei die filtrirenden Häute dieser in gleicher Weise — aber in abnehmendem Maße — bewegt werden“, glaubt Verf., daß es dieser Vorstellung gar nicht einmal bedarf und daß die Transpiration wohl vermag, den Saft aus den zuführenden Gefäßen in die ausdünstenden Zellen schon dadurch überzuführen, daß die äußerste Zellhaut, nachdem sie Wasser abgegeben, durch Imbibition aus ihrem Zellsaft sich wieder sättigt. Die Funktionirung der rückwärts gelegenen mit Flüssigkeit erfüllten Zellschichten ist dann die gleiche, ohne daß die Elastizitätsbewegung ihrer Häute einzutreten braucht. Die durch die Transpiration zwischen den transpirirenden und den tiefer liegenden Zellen hervorgerufenen Druckdifferenzen sind jedoch so geringe, daß auch sie auf die Wasserbewegung keinen bedeutenden Einfluß ausüben können.

Von ebenso geringer Wirkung wie der Gasdruck ist die Kapillarität bei der Wasserbewegung in der Pflanze wegen der großen Widerstände, welche dieselbe zu überwinden hat. Das Wasser muß z. B. durch eine größere Anzahl Zellhäute des Parenchyms hindurchdringen, die Wassersäule ist also an ihrer Basis durch Häutchen unterbrochen; es steigt nun zwar das Wasser auch in einer am unteren Ende befindlichen Kapillarröhre, welche mit einer Membran verschlossen ist, auf, befinden sich jedoch deren mehrere oder gar zahlreiche daran — letzteres würde den Verhältnissen im Pflanzenkörper entsprechen —, so hört die Steigkraft des Wassers auf, wovon man sich leicht durch mit Kollodiumhäutchen verschlossene Glasbaarröhrchen überzeugen kann, indem man mehrere derselben übereinanderstellt und in Wasser taucht; in dem obersten Röhrchen steigt alsdann das Wasser nicht über den Spiegel des Gefäßes, in welchem die Röhrchen sich befinden. Da nun „Gasdruck und Kapillarität — nach Meinung des Verf. — unzureichend sind, die Wasserbewegung zu bewirken, so bleiben nur noch die Osmose und die Imbibition als ursächliche Faktoren der Erscheinung übrig“.

**R. Hintz.** Ueber den mechanischen Bau des Blattrandes mit Berücksichtigung einiger Anpassungserscheinungen zur Verminderung der lokalen Verdunstung. Nova Acta der kais. Leop.-Carol. Deutschen Akad. der Naturforscher. Bd. LIV. Nr. 2. S. 97—214. Halle 1889. — Botan. Zentralblatt von *Uhlworm*. Bd. XLII. 1890. Nr. 2. S. 50.

In seinem Werke: „Das mechanische Prinzip im anatomischen Bau der Monokotyledonen“ hat *Schwendener* im Allgemeinen der Scherfestigkeit, sowie einiger spezieller Erscheinungen von Anpassung an Schubwirkungen Erwähnung gethan, und auch *Haberlandt* deutet in seiner physiologischen Pflanzen-Anatomie auf die lokalen Verstärkungen am Blattrande als Schutzvorrichtungen gegen das

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. I. 1878. S. 442.

Zerreißen hin, doch konnten beide Autoren, zu Folge des Zweckes, den sie bei Durchführung ihrer Arbeiten im Auge hatten, natürlich nur gedrängte Darlegungen geben. Verf. hat es sich nun zur Aufgabe gemacht, die Schutzvorrichtungen des Blattrandes in möglichst großem Umfange zu untersuchen, festzustellen, ob die von *Haberlandt* in einer geringen Zahl von Blatträndern beobachteten Verhältnisse auf die Gesammtmenge derselben sich übertragen lassen und in welchem Maße der anatomische Bau, das Auftreten von mechanischen Verstärkungen einerseits, mit der Art und Intensität der mechanischen Inanspruchnahme andererseits in Wechselbeziehung steht. Doch finden wir auch Anpassung des Blattrandes an andere von ihm zu erfüllende Funktionen, wie reichliche Wasserversorgung und Verminderung der lokalen Verdunstung berücksichtigt.

Die vorliegende Arbeit zerfällt in zwei Hauptkapitel. Das erste behandelt die mechanische Nervatur, das zweite die lokal-mechanischen Verstärkungen des Blattrandes nebst Berücksichtigung der lokalen Wasserspeicherung.

Nachdem von *Sachs* die mechanische Nervatur des Blattrandes als Schutzmittel gegen das Einreißen desselben nicht allein in Anspruch genommen, sondern in den Vordergrund gestellt worden ist, zeigt Verf. in dem angeführten ersten Kapitel, in wie weit die Blattnervatur allein, zumal in nächster Nähe des Blattrandes, an dem mechanischen Schutz gegen das Einreißen desselben Theil nimmt. Wie schon *Haberlandt* gezeigt, hat sich *Sachs* bei der Beurtheilung des Werthes der Randanastomosen des Blattes geirrt; denn nach seiner Anschauung würde der Blattrand gleichwie ein Eisenbahnviadukt auf Gewölbefestigkeit beansprucht, während das Blatt thatsächlich nur auf Schubfestigkeit in Anspruch genommen wird.

Je nach der scher- oder schubfesten Anordnung des Rippenverlaufs hat Verf. die Blätter geordnet und mehrere Typen aufgestellt. Bei den Dikotyledonen wird als Typus I diejenige Form des Rippenverlaufs bezeichnet, wie sie bei den großen und dünnen Blättern namentlich der krautartigen Gewächse sich findet. Bogenförmige Randanastomosen, welche in mehreren Etagen die von der Hauptrippe des Blattes nach dem Rande hin und nach vorn verlaufenden Seitenrippen in kurzem Abstand vom Rande verbinden. Die Festigkeit des Blattrandes wird um so größer sein, je näher die Bogensysteme sich dem Rand entlang hinziehen, je mehr Etagen vorhanden und je niedriger dieselben sind. Dies System findet sich ausgebildet bei *Polygonum Bistorta*, *Rheum Rhaponticum*, *Scrophularia aquatica*, *Symphytum officinale* u. s. w.

Der Typus II wird folgendermaßen charakterisirt. Die von der Hauptrippe ausstrahlenden Seitenrippen laufen, ohne bogenförmige Schlingen zu bilden, direkt bis zum Rande, um dort blind in den Blattzähnen zu enden. Diese Seitenrippen selbst können sich wiederum gabeln und sekundäre und tertiäre Rippen aussenden, die sich ebenso verhalten. So konstruirt sind die Blätter des Kürbis, von *Geum rivale*, *Spiraea Aruncus*; *Aesculus Hippocastanum*, *Pavia*, *Betula excelsa* u. s. w.

Ein Untertypus IIa schließt sich an die letzte Nervationsform an. Die Seitenrippen strahlen auch hier in reicher Menge von der Hauptrippe aus, ziehen sich in wiederholt dichotomer Verzweigung nach dem Rand hin, ohne jedoch blind in ihm zu enden. Vielmehr bilden sie stets, eine kurze Strecke vom Rande aufhörend, in nächster Nähe desselben spitzbogenförmige Schlingen mit allmäh-

licher Verfeinerung ihrer Gabeläste. Als Beispiele hierfür werden die Blätter von *Rhus Cotinus* angeführt.

Eine andere Uebergangsform kommt in der Blattnervatur der fiederartig gelappten Blätter unserer Eichen zum Ausdruck. Hier findet sich nur eine spärliche Anzahl randläufiger Seitenrippen entwickelt, welche in die Blattzipfel verlaufen.

Der dritte Haupttypus zeigt folgende Konstruktion. Dicht neben dem rechten und linken Rande zieht sich von dem Blattgrunde bzw. der Basis der Mittelrippe ausgehend je ein mäßig starker Nervenstrang bis zur Blattspitze hin, wo sich beide Stränge wieder mit der Mittelrippe und unter einander vereinigen. Durch ein System zahlreicher, von der Hauptrippe ausstrahlender Seitennerven sind sie mit dieser fest verbunden. Als Beispiel werden genannt: *Cocculus laurifolius*, *Cinnamomum nitidum*.

Bei den Monokotyledonen tritt eigentlich nur der Typus III und zwar in vollkommener Ausführung auf. Nur dadurch erleidet derselbe einige Modifikationen, daß die Lamina bei den einen in breiter, ovaler Gestalt, bei den anderen in Form eines langen schmalen Bandes erscheint. Als Beispiele für den ersteren Fall sind erwähnt: *Rajania Brasiliensis*, *Smilax Sarsaparilla*, *Alisma Plantago* u. a.; als solche für den andern die Blätter der Gräser, Lilien, Dracaenen u. s. w.

Vergebliches Bemühen aber wäre es, die Nervenordnung der Kryptogamen zu Gunsten des hier geltend gemachten mechanischen Prinzips deuten zu wollen, da an ein Zerreißen der durch die ausgedehnteste Segmentirung und Fiederung gebildeten, kleinen, schmalen Blattlacini von Rande her wohl überhaupt nicht gedacht werden kann. Nur in den seltensten Fällen wird durch anastomosirende Nerven hier ein geschlossenes Maschennetz geschaffen, aber selbst bei derartigen, selten vorkommenden Nervenverbindungen endigen die letzten nach dem Blattrande hin ausstrahlenden Nerven dennoch meist frei vor demselben.

Das zweite Hauptkapitel der vorliegenden Arbeit handelt von den lokal-mechanischen Verstärkungen des Blattrandes nebst Berücksichtigung der lokalen Wasserspeicherung. Es ist umfangreicher als das vorhin besprochene erste und erläutert in einer Anzahl Unterabtheilungen die anatomischen Bauverhältnisse des Blattrandes und ihre physiologische Bedeutung.

Da der Blattrand ein doppeltes Bedürfniß, nach mechanischem Schutz sowie nach reichlicherer Wasserzufuhr, zu befriedigen hat, so kommt bisweilen am Blattrande ein Gewebe zur Ausbildung, welches diesen Forderungen gleich gut entspricht, in den meisten Fällen aber scheinen die charakteristischen anatomischen Merkmale bald mehr für die Durchführung der einen, bald mehr für die der anderen physiologischen Aufgabe geeignet zu sein. Fast überall ist das Prinzip der Arbeitstheilung streng durchgeführt, und zwei ganz verschiedene Gewebesysteme sind mit den beiden Funktionen betraut.

Bei sämtlichen Blatträndern, welche die an sie gestellten mechanischen Anforderungen im höchsten Grade erfüllen, sehen wir die zum Zweck des Schutzes zur Verwendung kommenden Elemente in Form eines Stranges von typischen Bastfaserzellen den Blattrand kontinuierlich begleiten, z. B. bei *Theophrasta imperialis*. Wo es aber wie bei fast allen krautartigen Gewächsen an Bastelementen mangelt, sucht die Pflanze den Nachtheil durch die verstärkte Ausbildung des

Kollenchymgewebes auszugleichen, z. B. *Sterculia*, *Aralia Sieboldi* u. a. Wo aber weder Bast noch Kollenchym beim Aufbau des Blattrandes zur Verwendung kommen kann, erscheint dadurch wenigstens ein, wenn auch nur geringes Schutzmittel hergestellt, daß die Pflanze das Mesophyll gegen den Blattrand hin bedeutend vermehrt. Dies Verhalten zeigen die Blattränder von *Levisticum officinale*, *Scorzonera hispanica*, *Sanguinaria* u. s. w.

Es ist natürlich, daß die Wasserspeicherungsfunktion des Blattrandes Einschränkungen oder Aenderungen der lokalmechanischen Verstärkungen erforderlich macht. Es kann hier unmöglich auf die einzelnen, vom Verf. angeführten und ausführlich behandelten Fälle eingegangen werden; so viel sei bemerkt, daß durch das Auftreten von lokalmechanischen Einrichtungen die Ausbildung des epidermalen Wassergewebes nicht nur keine Beschränkung erfährt, sondern in vielen Fällen sogar durch ganz spezielle Einrichtungen sowohl in seiner Aufgabe, Wasser aufzuspeichern, als auch eintretende Transpirationsverluste leicht und schnell wieder zu ersetzen, in hohem Grade gefördert erscheint. Wahrscheinlich ist es, nach Ansicht des Verf., daß da, wo in Verbindung mit lokalmechanischen Verstärkungen der Blattränder weder eine besondere Förderung des epidermalen Wasserverkehrs, noch außerordentliche mechanische Schutzmittel zur Herabsetzung der Verdunstung nachweisbar sind, hauptsächlich klimatische Faktoren Einfluß geübt hatten.

Nicht allein bei den Phanerogamen, sondern auch bei den Kryptogamen, in ausgedehntestem Maße bei den Farnkräutern, treten lokalmechanische Verstärkungen der Blattränder auf. Dies haben in eingehender Weise schon *Mettenius* und *Prantl* untersucht und beschrieben. Die Schutzmittel erweisen sich analog den oben besprochenen.

**E. Schmid.** Ueber die Volumsänderung der Samen beim Quellen. Die landwirthschaftlichen Versuchsstationen. 1889. Bd. XXXVI. S. 243. — Naturw. Rundschau. 1890. Nr. 1. S. 14.

Ueber die bei der Quellung von Erbsen und Bohnen auftretenden mechanischen Erscheinungen hatte *F. Nobbe* durch Versuche nachgewiesen, daß man drei Stadien zu unterscheiden habe, welche sich mit kleinen Schwankungen in folgender Weise darstellen: Das Gesamtvolumen erleidet anfänglich eine Steigerung, vermindert sich hierauf, bis nach einiger Zeit abermals eine Steigerung desselben eintritt. Diese Resultate waren mit Haufen von Erbsen und Bohnen gewonnen, deren Volumen, nachdem sie mit Wasser beschickt waren, in gläsernen Dilatometern beobachtet wurde. Da sich bei den verschiedenen Varietäten bei gleichbleibendem Gange der Erscheinungen erhebliche Differenzen zeigten, war die Vermuthung berechtigt, daß der eigenthümliche Gang der Volumkurve nur die Resultante der vielleicht ganz anderen Kurven der einzelnen Individuen sei; Verf. hat daher Versuche über die Volumsänderungen einzelner Erbsen und Bohnen angestellt.

Zunächst wurden vier einzelne Viktoria-Erbsen im Gewicht von 0,407, 0,351, 0,428 und 0,400 gr in derselben Weise wie von *Nobbe* die Haufen von Samen mit Wasser übergossen und die Volumsänderungen verfolgt. Es zeigte sich, daß die einzelnen Erbsen sich im Allgemeinen ziemlich gleich verhielten und nur

quantitative Unterschiede zeigten. Nach 2—2 $\frac{1}{2}$  Stunden war das Maximum des Volumens von bezw. 10,22, 10,17, 6,83 und 10,54 $\frac{0}{0}$  über dem Nullpunkt erreicht; nach 3 $\frac{1}{2}$ —5 Stunden war die Flüssigkeit auf das Minimum, jedoch nicht bis zum Nullpunkt herabgesunken und stieg dann bis zum Ende des Versuchs beständig (das Mittel der Zunahme nach 12 Stunden betrug 22,03 $\frac{0}{0}$ ).

Mit Bohnen gab eine erste Versuchsreihe an zwei Puffbohnen ganz verschiedene Resultate; eine zweite mit fünf einzelnen Bohnen von zwei verschiedenen Sorten (Buschbohnen) angestellte Versuchsreihe zeigte jedoch mehr Gleichmäßigkeit. Alle Bohnen verhielten sich, abgesehen von quantitativen Unterschieden, gleich, aber verschieden von den quellenden Erbsen. Nach anfänglichem kurzen Steigen, wobei sie das Maximum von 4,06 bis 6,56 $\frac{0}{0}$  in  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{3}{4}$  Stunden erreichten, sank das Niveau fortwährend bis tief unter den Nullpunkt herab. Die nach 154 Stunden abgelesenen Werthe waren bezw.: — 13,67 $\frac{0}{0}$ ; — 17,54 $\frac{0}{0}$ ; — 13,28 $\frac{0}{0}$ ; — 28,04 $\frac{0}{0}$  und — 61,85 $\frac{0}{0}$ . Ein ähnliches Verhalten war früher von *Nobbe* bei den meisten Bohnen beobachtet worden. Die Erklärung dieser Erscheinung muß im Original nachgelesen werden.

**J. Wiesner** und **H. Molisch**. Untersuchungen über die Gasbewegung in der Pflanze. Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wissensch. 1889. Bd. XCVIII. Abthlg. 1. S. 670. — Naturw. Rundschau. 1890. Nr. 1. S. 8.

Der Umstand, daß die Kenntniß der Gasbewegung durch den Pflanzenkörper, obgleich einer der wichtigsten Gegenstände der Pflanzenphysiologie, in den letzten Jahrzehnten wenig gefördert worden ist, veranlaßte die Verf., die Untersuchungen, welche *Wiesner* 1879 darüber angestellt hatte, wieder aufzunehmen und mit vollkommeneren Mitteln an die Lösung der wichtigsten hierher gehörigen Fragen heranzutreten. Sie stellten sich hauptsächlich zwei Fragen zur Beantwortung. 1) Lassen sich mittelst Druck Gase durch die vegetabilische Membran überhaupt filtriren? 2) In welchem Maße lassen die verschiedenen Zellmembranen die verschiedenen Luftarten auf dem Wege der Gasdialyse hindurchtreten?

Bezüglich der ersten Frage herrscht heute die Ansicht vor, daß die Fähigkeit, unter Druck Gase hindurchtreten zu lassen, nur gewissen Zellhäuten (Parenchym, Holzgewebe u. s. w.) zukomme, während das Periderm (Kork u. s. w.) die Druckfiltration gar nicht zulassen soll. Ferner wird von Einigen behauptet, daß die Luft durch trockene Membranen, von Anderen, daß sie durch mit Wasser imbibirte Membranen leichter hindurchtrete.

Zu Versuchen über diese Frage dürfen nur solche Membranen verwendet werden, welche keine lufthaltigen Interzellularräume besitzen, denn sonst wird das Resultat wegen Mitwirkung der Gasdialyse unzuverlässig. Die Mitwirkung der Interzellularen ist von *Lietzmann*<sup>1)</sup> bei seinen bezüglichen Untersuchungen übersehen worden. Auch die Versuche von *Mangin*<sup>2)</sup> sind fehlerhaft angestellt, da die Glycerin-Gelatine, mit der er seine Membran bestrich, leicht Gase diffundiren läßt und außerdem leicht Risse bekommt.

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. XI. 1888. S. 121.

<sup>2)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. XII. 1889. S. 417.

Um gleich das Ergebnis der Untersuchungen der Verf. mitzuteilen, so stellten dieselben durchgehends fest, daß Gase auf dem Wege der Druckfiltration durch Pflanzenmembranen nicht hindurchgehen.

Zu den Versuchen diente im Allgemeinen eine 6 mm im Lumen zeigende und 50 bis 100 cm lange Glasröhre. Die zu prüfende Membran oder dünne Gewebeplatte wurde an dem einen Ende der Röhre luftdicht befestigt, theils mittelst Siegelack, theils durch Einlegung der Membran in einen zerlegbaren Metallaufsatz, in welchem sie zwischen durchlöchernten Kautschukplatten luftdicht zu liegen kam. Die Röhre wurde dann ganz oder theilweise mit Quecksilber gefüllt und unter Quecksilber umgestülpt. Wenn nun Luft durch die Membran in die Röhre hineintrat, so mußte ein Fallen des Quecksilbers eintreten. Das Niveau blieb aber immer konstant. In einigen Fällen wurden die Gewebeschichten in eine für diesen Zweck eigens konstruirte Kompressionspumpe eingepaßt und Drucken von mehr als einer (bis sieben) Atmosphären ausgesetzt. Mit der gewöhnlich benutzten Methode ließen sich so hohe Drucke nicht leicht erzielen.

Als Membranen wurden verwendet: 1) Periderme (weiße Korkhaut und Periderm der Birke, Periderm des Kirschaumes, das Phelloid der Kiefer, d. h. die hellen, durchscheinenden Häute der Borke, endlich gewöhnlicher Kork). 2) Epiderme und Blätter (Fruchthäute von Trauben, Kirschen, Pflaumen u. s. w.; Samenhäute von Erbsen und Bohnen u. s. w.; Blätter von *Mnium punctatum* und Blattstücke von *Potamogeton crispus*, Ephen; Blumenblätter von *Philadelphus coronarius*). 3) Algen (*Ulva latissima*, *Caulerpa prolifera*). 4) Dickwandiges Endosperm (das von *Phytelephas macrocarpa* stammende vegetabilische Elfenbein in nur 0,2 mm dicken Platten, Endosperm von *Sagus americana* und *Strychnos nux vomica*). 5) Mark (Nußbaum, *Phytolacca decandra*).

Durch keine der hier bezeichneten Zellhäute, wofern sie intakt geblieben, gelang es, Luft hindurchzupressen, und zwar spielte es keine Rolle, ob die Zellhaut imbibirt oder trocken, ob sie lebend oder todt war. In einzelnen Fällen kann allerdings unter den Bedingungen der Druckfiltration ein Durchgang der Gase durch die Membran stattfinden; derselbe ist aber auf Dialyse zurückzuführen, worauf gleich näher eingegangen werden soll. Zunächst sei nur noch einer Bemerkung Erwähnung gethan, welche die Verf. an die Mittheilung der Versuchsergebnisse mit dem Sameneiweiß (Endosperm) von *Strychnos nux vomica* knüpfen. „Gerade an diesem Objekt, an welchem bekanntlich *Taniguchi* die Kommunikation der Protoplasmen benachbarter Zellen entdeckte, und an dem die von Protoplasma erfüllten, die Zellhaut durchbohrenden Kanäle am deutlichsten wahrzunehmen sind, wäre noch am ehesten der Durchgang der unter Druck stehenden Luft zu erwarten gewesen. Doch ist auch hier keine Druckfiltration des Gases wahrnehmbar, zum Beweise, daß ebensowenig als die Wandsubstanz das die Kanäle dicht erfüllende Protoplasma der Druckfiltration unterliegt.“

Wir wenden uns nunmehr zu den Versuchen, welche die zweite der oben bezeichneten Fragen, die Diffusion oder die Dialyse der Gase durch die Zellmembranen betreffen. Da die Gase nicht durch Druck in die Zellen ein-, oder aus ihnen austreten können, so folgt eigentlich von selbst, daß der Gaswechsel in der Pflanze auf dem Wege der Dialyse erfolgen muß.

Die Versuche wurden in entsprechender Weise wie die bereits erwähnten ausgeführt, indem nur das Quecksilber in der umgestülpten Röhre durch das untersuchende Gas ersetzt wurde. Aus dem Eintreten und dem Steigen des Quecksilbers wurde auf die Diffusionsgeschwindigkeit geschlossen.

Allgemein wird angenommen, daß die Korkmembranen, z. B. der Flaschenkork, für Gase undurchlässig seien. Aber schon *Böhm* zeigte, daß der Flaschenkork ebenso wie Holz beträchtliche Mengen von Gasen absorbiert und in den Zellen verdichtet. Die Verf. haben diese Versuche wiederholt und vollständig bestätigt gefunden. Das Periderm der Birke läßt Kohlensäure und Wasserstoff noch rascher diffundieren als der Flaschenkork. Und zwar diffundieren die Gase durch imbibirte Korkzellhaut viel rascher als durch lufttrockene. Immerhin ließen alle Korke und Periderme auch im trockenen Zustande verhältnismäßig große Mengen von Gasen diffundieren. Alle übrigen Pflanzenmembranen dagegen ließen im trockenen Zustande auf dem Wege der Gasdialyse entweder gar kein Gas oder nur sehr minimale Mengen durch. Im imbibirten Zustande war jedoch die Diffusion der Gase bei diesen Zellhäuten eine sehr beträchtliche.

Die Ergebnisse fielen sämtlich gleichsinnig, im Grade aber je nach der Qualität der Zellhäute verschieden aus. Von den Parenchymmembranen erwiesen sich am durchlässigsten die Markplatten des Nußbaumes. Im lufttrockenen Zustande tauscht eine solche Haut nur Spuren von Kohlensäure aus; setzt man über die Markplatte ein Chlorcalciumrohr, so daß der Wassergehalt der Verschlussplatte noch tiefer sinkt, so unterbleibt die Diffusion der Kohlensäure vollständig. Leitet man dagegen die Imbibition ein, so steigt das Quecksilber nach 7 Stunden schon um 38 mm, nach 24 Stunden um 86 mm. Die größte Diffusionsgeschwindigkeit, welche überhaupt bei vegetabilischen Diaphragmen beobachtet wurde, fand sich bei der Alge *Ulva latissima*, wo das Quecksilber bei Anwendung von Kohlensäure nach 24 Stunden um 143 mm gestiegen war.

Verholzte Gewebe wurden leider nicht zur Untersuchung gebracht, da kein Objekt mit lückenlos aneinanderschließenden Elementen ausfindig gemacht werden konnte. Doch hat *Böhm* gezeigt, daß trockenes Splintholz Gase absorbiert, die in den Zellen verdichtet werden. Die verholzte Zellwand zeigt hiernach ein ähnliches Verhalten wie die verkorkte, sie läßt auch im trockenen Zustande Gase diffundieren.

Die Verf. vergleichen die vegetabilische Zellhaut in Bezug auf ihre Durchlässigkeit für Gase mit einer Leim- oder Gelatineschicht. Diese unterliegt, gleich der Pflanzenzellhaut, weder im trockenen noch im imbibirten Zustande der Druckfiltration, läßt im trockenen Zustande Gase nicht diffundieren, im imbibirten dagegen desto reichlicher, je mehr Wasser sie enthält; auch gestattet sie der Kohlensäure rascher den Durchtritt, als dem Sauerstoff und Stickstoff, wie dies ebenso bei den Pflanzenmembranen der Fall ist. Doch läßt dieser Vergleich im Stiche, wenn es sich um verkorkte und verholzte Zellmembranen handelt.

*Exner* zeigte, daß die Geschwindigkeit der Diffusion durch Flüssigkeitslamellen durch die Formel  $C/\sqrt{d} = \frac{C}{\sqrt{d}}$  ausgedrückt wird, wo C den Absorptionskoeffizienten und d die Dichte des Gases bezeichnen. Die Versuche der Verf. ergaben allerdings eine Abhängigkeit der Diffusionsgeschwindigkeit von der



Dichte und dem Absorptionskoeffizienten des Gases, doch konnte nicht festgestellt werden, ob sie strenge dem *Exner'schen* Gesetz folgt.

Die Verf. stellten auch Versuche an, um zu prüfen, wie sich Gase verhalten, wenn sie, durch die Membran diffundierend, nicht in Luft, sondern in Wasser treten. Es ergab sich, daß Kohlensäure bei Verwendung vegetabilischer Membranen rascher in die atmosphärische Luft als in Wasser diffundirt.

In der trockenen Zellmembran liegen jedenfalls die Massentheilchen so dicht bei einander, daß der direkte Durchtritt der Gase unmöglich gemacht wird. Wenn durch trockene Korkzellhäute die Gasmoleküle trotzdem hindurchgehen, so ist dies nur dadurch möglich, daß das Gas beim Durchgange durch die Membran eine Veränderung erleidet. Die Durchlässigkeit der imbibirten Membranen erklärt sich aus dem Aufquellen der Zellhaut, wodurch die festen Massentheilchen von einander entfernt werden und Wasser zwischen sich aufnehmen, und daraus, daß dieses die Gase absorbiert und diffundiren läßt.

Die Verf. erstreckten sodann ihre Untersuchung auch noch auf den Durchgang der Gase durch kapillare Interzellularen der Pflanzengewebe. Schon früher hatte *Wiesner* nachgewiesen, daß der Durchgang der Gase durch Spaltöffnungen dem Gesetze der Effusion entspricht, die Geschwindigkeiten der durch Spaltöffnungen austretenden Gase mithin der Quadratwurzel ihrer Dichte umgekehrt proportional sind. Neue Versuche wurden über die Druckfiltration durch Interzellulargänge angestellt, wobei Hollundermark zur Verwendung kam. Die Untersuchungen führten zunächst zur Bestätigung der folgenden früher ermittelten Gesetze:

1) Die Druckfiltration geht durch kleinzelliges Hollundermark langsamer vor sich als durch großzelliges. 2) In querer Richtung erfolgt die Druckfiltration rascher als in axialer Richtung. 3) Die Filtrationsgeschwindigkeit wird im hohen Grade vom Wassergehalt, und zwar im ungünstigen Sinne beeinflusst. 4) Das Durchfließen der Luft durch die kapillaren Interzellularen entspricht nicht der *Poiseuille'schen* Formel (Durchflußgeschwindigkeit direkt proportional der vierten Potenz des Durchmessers der Kapillare).

Die Verminderung der Filtrationsgeschwindigkeit in Folge von Wasserzufuhr erklärt sich theils aus der partiellen Verstopfung der Kapillaren durch Wasser und theils aus der Verengung der Kapillaren in Folge der Quellung der Zellmembranen. Die Verf. konnten auch experimentell nachweisen, daß eine Beziehung der Dichte des Gases zu der Geschwindigkeit, mit welcher dasselbe durch die Interzellulare strömt, nicht besteht. „Der Durchtritt der Gase durch die luftführenden Interzellularen erfolgt mithin weder nach dem Effusionsgesetze, noch in jener Weise, welche die Physiker als Transpiration bezeichnen. Offenbar sind die in den Pflanzengeweben beim Gasdurchtritt durch die Interzellularen stattfindenden Verhältnisse viel komplizirter als jene, welche bisher von den Physikern untersucht wurden.“

Die im vorstehenden Bericht mitgetheilten Thatsachen ziehen die Verf. zur Erklärung einzelner Lebenserscheinungen der Pflanzen heran. Zunächst läßt sich die Funktion der Gefäße jetzt besser als vorher verstehen. Wenn ein wasserführendes Gefäß unter günstigen Transpirationsverhältnissen sein Wasser abgibt, so vermag der äußere Luftdruck keine Spur der atmosphärischen Gase

in dasselbe hineinzupressen. Daher entsteht im Innern ein Vakuum, in welches durch die zarten Zellhäute der Gefäßstüpfel Wasser nachdringt, wozu schon ein geringer Ueberdruck hinreicht. Ferner läßt sich schließen, daß in die submersen Gewächse, welchen Spaltöffnungen fehlen, die Gase nur auf dem Wege der Dialyse eintreten können, daß aber dieses Eindringen durch den großen Wassergehalt der Zellhäute sehr erleichtert wird. Endlich muß die Erhaltung des Lebens ruhender Pflanzentheile (Samen u. s. w.) durch das Verhalten der trockenen Zelloberfläche den Gasen gegenüber offenbar in hohem Grade begünstigt werden.

**L. Mangin.** Ueber die Aenderungen, welche im Gaswechsel der Pflanzen hervorgebracht werden durch die Anwesenheit organischer Säuren. Comptes rendus. T. CIX. 1889. p. 716. — Naturw. Rundschau. 1890. Nr. 3. S. 39.

Die Untersuchungen von *de Saussure* hatten bereits ergeben, daß die Cacteen sich von den übrigen Pflanzen dadurch unterscheiden, daß sie bei der Belichtung durch Sonnenstrahlen Sauerstoff abgeben, ohne Kohlensäure aufzunehmen, deren Absorption bei den anderen grünen Pflanzen die Vorbedingung der Sauerstoffabscheidung ist. Da nun später *Mayer* und *H. de Vries* nachgewiesen, daß die Cacteen und die sich in dieser Beziehung ebenso verhaltenden Crassulaceen mehr oder weniger organische Säuren enthalten, deren Menge während des Tages ab- und in der Nacht wieder zunimmt, lag die Annahme nahe, daß bei diesen Pflanzen statt der Kohlensäure die vorhandenen organischen Säuren unter dem Einfluß des Lichtes vom Chlorophyll zerlegt würden. Welches aber die betreffenden Säuren seien, ob sie auch in anderen Pflanzen als in denen, welche sie erzeugen, zersetzt würden, und ob die Lichtstrahlen die betreffenden organischen Säuren oder vielmehr die Kohlensäure, welche durch deren Zerfall entstanden, zerlegt: diese Fragen suchte Verf. experimentell zu entscheiden. Er verglich zu diesem Zwecke den Gaswechsel von möglichst gleichaltrigen und ähnlichen Blättern, von denen die einen mit titrirten Lösungen der Säuren, die anderen mit destillirtem Wasser injiziert waren, und die gemeinsam der Einwirkung des Sonnenlichtes ausgesetzt wurden. Die Pflanzen, an denen die Versuche angestellt worden, waren der japanische Spindelbaum, Oleander und Flieder.

Unter den Säuren, welche den Blättern injiziert wurden, gaben Aepfel-, Zitronen- und Weinsäure stets eine Sauerstoffentwicklung, wenn die auffallenden Lichtstrahlen sehr intensiv waren; hingegen gaben die Blätter, welche mit Essig-, Ameisen-, Oxal- und Bernsteinsäure injiziert worden, keinen Sauerstoff, vielleicht, weil diese Säuren in den Mengen, welche zur Sauerstoffentwicklung erforderlich sind, das Protoplasma tödten. Bei den drei erstgenannten Säuren war die Menge des abgegebenen Sauerstoffs, unter sonst gleichen Verhältnissen, am größten bei der Aepfelsäure, am kleinsten bei der Weinsäure. Die Wirkung der Aepfelsäure nahm mit der Konzentration zu bis zu 3%, dann wurde sie wieder schwächer; stets aber war die Sauerstoffabscheidung geringer als bei Aufnahme von Kohlensäure.

Weiter wurde der Athmungsprozeß der mit den Säuren injizierten Blätter verglichen mit der Athmung der mit Wasser injizierten, d. h. es wurde der Gaswechsel im Dunkeln untersucht. Die mit Aepfelsäure injizierten Blätter gaben ein viel größeres Volumen Kohlensäure ab, als dem Volumen des absorbirten

Sauerstoffs entsprach; das Verhältniß Kohlensäure zu Sauerstoff war viel größer als die Einheit, während bei normalen Blättern dies Verhältniß kleiner oder höchstens gleich der Einheit ist. Aehnliche Resultate gaben Zitronensäure und Weinsäure.

Die Anwesenheit der Säure erzeugt somit im Gewebe der Blätter im Dunkeln eine stärkere Abgabe von Kohlensäure als der Sauerstoffaufnahme entspricht und im Lichte eine Sauerstoffausscheidung ohne Kohlensäureaufnahme. Es scheint danach, daß durch die Wirkung der Säuren auf das Blattgewebe diese in stärkerem Maße Kohlensäure abscheiden, und daß diese Kohlensäure vom Chlorophyll unter der Einwirkung der Lichtstrahlen zerlegt wird.

**M. Büsgen.** Beobachtungen über das Verhalten des Gerbstoffes in den Pflanzen. Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft. Bd. XXIV. 1889. — Naturw. Rundschau. 1890. Nr. 14. S. 182.

Die vorliegende Schrift bringt unter sorgfältiger Berücksichtigung der Litteratur eine Reihe von eigenen Beobachtungen des Verf., namentlich hinsichtlich der Frage, ob ein Verschwinden des Gerbstoffes in irgend welchen Pflanzentheilen, also ein Verbrauch desselben, nachzuweisen ist. Die Untersuchungen wurden unter Anwendung der mikrochemischen Methode angestellt. Gewöhnlich wurden die Objekte unter der Luftpumpe mit Kaliumbichromat injiziert, welches mit Gerbstoff eine charakteristische braune Färbung giebt.

Nach der von *Kraus* eingeführten Benennung ist ein „primärer“, unter dem Einfluß des Lichtes sich bildender Gerbstoff von einem „sekundären“, welcher ohne Einwirkung des Lichtes entsteht, zu unterscheiden. In gewissen Fällen hat nun Verf. sowohl ein Verschwinden sekundären, wie primären Gerbstoffes feststellen können. Der Gerbstoff kann sowohl aus Zellen verschwinden, welche einem baldigen Absterben entgegengehen, als aus solchen, welche eine längere Lebensdauer besitzen. Daß aber der Gerbstoff wieder als Baumaterial in den Stoffwechsel eintrete, bezweifelt der Verf. auf Grund eigener Beobachtungen und der Angaben von *Kraus*.

Besonderes Interesse hat der vom Verf. geführte direkte Nachweis des Uebergangs von Zucker in Gerbstoff. Dieser Beweis wurde in ähnlicher Weise wie der für die Bildung der Stärke aus Zucker geführt. Theile von Schattentblättern verschiedener Pflanzen wurden mit der Oberseite auf eine 10prozentige Traubenzuckerlösung gelegt, nachdem durch Einschnitte in die Hauptnerven u. s. w. der Lösung das Eindringen erleichtert worden war. Stücke derselben Blätter kamen gleichzeitig in der nämlichen Weise auf Wasser zu liegen, — eine nothwendige Kontrollmaßregel, weil manche Blätter nach dem Abschneiden noch im Dunkeln ihren Gerbstoffgehalt etwas vergrößern können. Das Ergebnis der Versuche war bei vier- bis sechstägigem Aufenthalt der Blätter auf den Flüssigkeiten (im dunklen Raume) eine starke Zunahme des Gerbstoffgehaltes. Wenn hierdurch die Bildung von Gerbstoff aus Traubenzucker im Blatte als bewiesen anzusehen ist, so bleibt noch dahingestellt, durch welche Zwischenstufen oder unter Mitwirkung welcher im Blatte vorhandener Verbindungen dieselbe erfolgt, ferner ob der Gerbstoff auch aus anderen Substanzen entstehen kann.

**H. Vöchting.** Ueber den Einfluß der Wärme auf die Blütenbewegungen der *Anemone stellata*. *Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot.* Bd. XXI. H. 2. S. 285—297.

Die Blüthe der genannten Pflanze öffnet sich dem Sonnenstrahl entgegen, wobei sich ihr Stiel erhebt; bei klarem Himmel folgt sie annähernd dem Laufe der Sonne, um sich am Abend wieder zu schließen und durch eine Senkung des Stieles in Schlafstellung überzugehen. Diese Bewegung wiederholt sich tagelang fort bis zum Verblühen. Indessen kommt es auch, abgesehen von dem Entwicklungszustande, auf die Temperatur- und Witterungsverhältnisse an, ob die Bewegungen sich mehr oder weniger auffallend vollziehen. Am schönsten zeigen sie sich bei dem Wechsel von warmen, sonnigen Tagen und kühlen Nächten, weniger, wenn es auch Nachts wärmer bleibt; bei trübem, kaltem Wetter wird die nächtliche Stellung auch bei Tag beibehalten.

Nach den Versuchen hängen diese Bewegungen weder vom Beleuchtungswechsel noch von der Luftfeuchtigkeit u. s. w. ab, sondern es handelt sich um die Wärmeverhältnisse. Verdunkelte Pflanzen folgen gerade so der Sonne wie beleuchtete. Die Wärme wirkt in doppelter Weise: erstens ruft sie die Aufrichtung der Stiele hervor, zweitens bewirkt sie, bei einseitiger Wirkung der Wärmequelle, daß der Stiel sich der letzteren zuwendet resp. ihr folgt. Ob es sich um strahlende oder Leitungswärme handelt, blieb unentschieden. Bemerkenswerth ist, daß die durch einseitiges Wachstum entstehenden Krümmungen der Stiele auftreten, wenn auch die Temperatur allseitig wirkt, und obwohl Stiel und Blüthe radiär gebaut sind.

Wahrscheinlich giebt es noch weitere hierher gehörige Fälle thermotro-  
pischer Blütenbewegungen. C. K.

**E. Askensay.** Ueber einige Beziehungen zwischen Wachstum und Temperatur. *Berichte der deutsch. bot. Ges.* Bd. VIII. H. 3. S. 61—94.

I. Die Größe der Turgorausdehnung in Maiswurzeln bei verschieden hoher Temperatur.

Die Verkürzung, welche bei Aufhebung des Turgors stattfindet, hat den gleichen Werth, mögen die Wurzeln bei Temperaturen kultivirt sein, die ein lebhaftes Wachstum veranlassen, oder bei solchen, wo sie nicht oder nur unbedeutend in die Länge wachsen. Wahrscheinlich ist in beiden Fällen auch der Turgor der nämliche.

II. Die Wirkung einer kurzdauernden Versetzung wachsender Maiswurzeln in eine niedrigere Temperatur auf das nachfolgende Wachstum bei höherer Temperatur.

Das Längenwachstum wurde erst bei höherer Temperatur ermittelt, dann blieben die Wurzeln einige Zeit bei niedriger Temperatur, schließlich wurde wieder das Wachstum bei einer der ursprünglichen nahekommenden höheren Temperatur beobachtet. Alle Versuche ergaben deutlich, daß stärkere, wenn auch nur kurzdauernde Abkühlungen das Wachstum bei der späteren höheren Temperatur sehr stark herabdrücken. Z. B.:

|                                |      |      |      |      |      |          |      |      |      |      |      |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|----------|------|------|------|------|------|
| Zeit                           | 1h45 | 2h15 | 2h45 | 3h15 | 3h45 | 3h50 bis | 4h20 | 4h20 | 4h50 | 5h20 | 5h50 |
| Temper.-Grad                   | 21,8 | 22,0 | 22,0 | 22,2 | 22,2 | 2—3      | 22,6 | 22,4 | 22,4 | 22,3 |      |
| Zuwachs per $\frac{1}{2}$ Std. | 11,1 | 12,3 | 10,8 | 10,2 | 10,4 |          | —0,7 | 6,1  | 7,5  | 4,9. |      |

III. Bemerkungen über die Beziehungen der ermittelten That-  
sachen zu den jetzigen Anschauungen über das Wachstum.

Es wird hier eine Kritik der behaupteten und bestrittenen Bedeutung des Turgors für das Wachstum der Zellen gegeben. In diesem Zusammenhange wird darauf verwiesen, daß, wie oben referirt, verschiedene Höhe der Temperatur die Turgorausdehnung nicht ändert, und daß Temperaturerniedrigungen das Wachstum außerordentlich rasch sistiren. Diese Beobachtungen deuten darauf hin, daß die Ursache des Wachstums im Protoplasma zu suchen ist, in dessen Gestaltungsvorgängen. Es reagirt denn auch die Plasmabewegung schnell und genau auf Temperaturänderungen.

Die Abhandlung enthält vieles, auf die Methodik der Untersuchung wachsender Organe bezügliches Material, das nicht gut eine auszügliche Wiedergabe gestattet.

C. K.

**Th. Bokorny.** Die Wege des Transpirationsstromes in der Pflanze.  
*Pringsheim's* Jahrb. f. wiss. Botanik. Bd. XXI. H. 3. S. 469—503.

Verf. bemühte sich, zur Erkennung der Wege des Transpirationsstromes einen Stoff ausfindig zu machen, der wasserlöslich, nicht giftig, leicht in loco nachweisbar wäre, dabei von den Pflanzengeweben nicht absorbiert würde. Ein solcher Stoff konnte, im Transpirationswasser enthalten, Aufschlüsse über Wege und Geschwindigkeit des Transpirationsstroms herbeiführen. Nach verschiedenen mißglückten Versuchen wurde schließlich der Eisenvitriol als eine entsprechende Substanz ermittelt und dessen Brauchbarkeit in zahlreichen Versuchen, theils mit abgeschnittenen Pflanzentheilen, theils mit ganzen Pflanzen, erwiesen. Der Detailbeschreibung dieser Versuche ist der größte Theil dieser Abhandlung gewidmet, am Schlusse wird eine Zusammenfassung der Resultate gegeben.

Der Eisenvitriol steigt in den transpirirenden Pflanzen mit solcher Geschwindigkeit empor, daß höchst wahrscheinlich dies Emporsteigen gleichen Schritt mit dem Transpirationsstrom selbst hält. Als wasserleitende Gewebe, d. h. solche, welche dem Wasser unter dem Einfluß irgendwelcher in der Pflanze vorkommender Triebkräfte eine für die Deckung des Transpirationsverlustes genügend rasche Bewegung gestatten, lassen sich nach den Versuchen mit abgeschnittenen transpirirenden Pflanzentheilen zunächst die Gefäße bezeichnen, indem deren weites, kontinuierliches Lumen eine verhältnißmäßig leichte Wasserbewegung gestattet; ob auch in der Gefäßwandung das Wasser raschen Fortgang haben kann, ist experimentell noch unentschieden. In abgeschnittenen Zweigen steigt das eisenhaltige Wasser in der Wand empor, in welcher sich dann gewöhnlich das Eisen ausschließlich vorfindet. Wie die Gefäße zählen auch die Tracheiden zu den leitenden Geweben. Daß bei denselben nicht nur im Lumen, sondern auch in den Wänden rasche Fortleitung stattfindet, scheint aus solchen Versuchen mit abgeschnittenen Koniferenzweigen hervorzugehen, in denen die Wände ausschließlich Eisengehalt zeigten, während das Lumen eisenfrei war. Für den Nachweis der Leitung in Holzprosenchym- und Holzparenchymzellen ergeben sich

manche Schwierigkeiten, für die Leitung in den Holzprosenchymzellen lassen sich aber gewisse Beobachtungen geltend machen. Das Sklerenchym erwies sich als leitendes Gewebe, und zwar geschieht die Leitung ausschließlich in den Membranen. Aehnlich verhält es sich bezüglich des Kollenchyms. Manchmal kommen auch im Phloëm (excl. Sklerenchym) Elemente vor, deren Wände das Wasser leiten. In der lebenden, unverletzten Pflanze geschieht die Wasserleitung sicher in vielen Fällen in den Gefäßen (mehrfach wurden in den oberen Stengeltheilen die Gefäßwände allein eisenhaltig gefunden), wahrscheinlich auch in den Holzprosenchymzellen; öfter dient auch das Sklerenchym und Kollenchym als Wasserweg.

Nach diesen Ergebnissen, speziell in Anbetracht der Thatsache des Saftsteigens im Sklerenchym und Kollenchym, muß auch die Imbibitionstheorie zur Erklärung des Saftsteigens herangezogen werden. C. K.

**B. Stange.** Ueber charakteristische Reizbewegungen. Bot. Zeitung. 1890. Nr. 7–11.

Verf. hat für eine Anzahl von Substanzen geprüft, ob und mit welcher Intensität dieselben anlockend auf die Zoosporen von Saprolegniaceen und Myxamöben von Myxomyceten wirken möchten. Kurz zusammengefaßt, wurde gefunden, 1. daß die Zoosporen angelockt werden durch die aus faulenden Thierleichen diffundirenden Substanzen; 2. die Myxamöben von *Aethalium septicum* von Milchsäure, jene von *Chondrioderma difforme* durch Aepfelsäure, ohne daß dies aber die alleinigen Reizmittel sind. „Durch die chemotaktische Reizbarkeit gegenüber gewissen Stoffen werden mit freier Ortsbewegung begabte Organismen an Orte geführt, an welchen sie für ihre weitere Entwicklung nöthigen Stoffe finden.“

C. K.

**J. M. Janse.** Die Bewegungen des Protoplasmas von *Caulerpa prolifera*. *Pringsheim's* Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XXI. H. 2. S. 163–284.

#### I. Die Protoplasmaabewegung in den Blättern.

Das Protoplasma bildet einen Wandbeleg und setzt sich über die Oberfläche der quer durch den Zellraum verlaufenden Zellstoffbalken fort, außerdem sind zahlreiche Stränge (zentrale Ströme) zwischen den Balken ausgespannt. Im Wandbeleg und im Balkenplasma findet keine intensivere strömende Bewegung statt, um so lebhafter ist dafür die Strömung an den erwähnten Strängen. In diesen kann die Bewegung neben einander in entgegengesetzter Richtung gehen. Gegen die Spitze und Ränder der Blätter vermindert sich die Geschwindigkeit. Die Quantität der fortgeschafften Plasmamengen ist nahe der unteren Hälfte der Mittellinie des Blattes am größten, sie nimmt von dort aus, wie die Geschwindigkeit, nach allen Seiten allmählich ab. Bei Blättern, die keine Prolifikation haben, tritt aus dem Blattstiel eine große Zahl neben einander verlaufender Ströme in die Spreite über und verbreitet sich in ihr fächerförmig, so daß jeder Strom nach einem bestimmten Punkte des Randes gerichtet ist. Wenn aber das Blatt eine Prolifikation trägt, so wenden sich nur die äußeren Ströme gegen den Rand, die inneren kräftigeren bleiben nahe beisammen und bilden so ein Bündel, welches das Blatt in der Mitte durchzieht und zur Anheftungsstelle der Prolifikation sich wendet. In den Stiel der Prolifikation treten dann alle Ströme in kurzen Bogen ein. Bei

zwei Prolifikationen in gleicher Höhe zu verschiedenen Seiten neben der Mittellinie theilt sich das Strombündel in zwei Theile, deren jeder zur Anheftungsstelle der betreffenden Prolifikation geht. Diese und andere Beobachtungen lassen sich so verstehen, daß die Plasmaströme in direkter Beziehung zum Nahrungstransporte, also zur Ernährung der Organe, stehen. Als bei einem Blatte mit mehreren Prolifikationen und dementsprechend vertheilten Strombündeln eine Prolifikation abgeschnitten wurde, wurden die dahinlaufenden Ströme der ganzen Länge nach schwächer, nach oben hin stets dünner, bis sie nicht mehr erkennbar waren; mit dem Nahrungsbedürfnisse hatte die intensive Nahrungszufuhr aufgehört. Wird durch Abschneiden die Kommunikation eines Blattes mit den übrigen Organen aufgehoben, so beginnt das Blatt nach einiger Zeit neue Organe zu produziren, wobei zu jedem dieser Neubildungsorte gehende Strombündel zur Entstehung kommen.

Die Art der Plasmabewegung von *Caulerpa* weicht von fast allen sonstigen Plasmabewegungen ab. Es fehlt jede Spur von Rotation, und auch gegenüber der zentralen Zirkulation fehlen die Wandströme, welche die Enden der zentralen Ströme unter einander in Verbindung setzen. Voraussichtlich kommen immerhin wenn auch nur schwache Strömchen im Wandplasma vor, die Assimilate werden wohl durch das Plasma von den Chlorophyllkörnern aus zum nächsten Zellstoffbalken und über diesen hinweg zu den zentralen Strömen geführt. „*Caulerpa* zeigt eine Trennung zwischen 3 unterschiedenen Theilen des Protoplasmas, und ist jedem dieser eine bestimmte Stelle im Individuum zur Ausübung seiner Funktionen angewiesen. Man könnte fast versucht sein, bei *Caulerpa* von Assimilations-, Leitungs- und Meristemplasma zu reden, um dadurch hervortreten zu lassen, daß hier eine vollkommen ähnliche Trennung dieser Hauptfunktionen des Lebens stattgefunden hat wie auch bei den höheren Pflanzen.“

## II. Verschiebung der Protoplasmaströme in den Blättern durch Wunden.

Aus diesem zahlreiche Details enthaltenden Kapitel wäre etwa hervorzuheben, daß sich ein erheblicher Unterschied zeigte in Betreff der im Stromverlauf durch Verwundungen veranlaßten Veränderungen zwischen dem unter und dem über der Wunde liegenden Blattabschnitte. Der Stromverlauf oberhalb der Wunde weicht (nach Beendigung der Aenderungen) viel weniger vom ursprünglichen Zustande ab als jener unterhalb der Verletzung. Verf. meint, es ließen sich die einschlägigen Erscheinungen so auffassen, daß die Richtung jedes einzelnen Stromes durch den apikalen Blattabschnitt regulirt werde, indem ein von oben kommender Strom seine Richtung unter allen Umständen beizubehalten suche, erst bei Hemmungen abweiche, aber sofort, der Hemmung entlang gehend, am Ende derselben geraden Weges dem Blattstiel sich zubiege, ohne erst zur vorigen Stelle in der Blattmitte zurückzukehren. Ebenso deuten verschiedene Erscheinungen bei normalen, proliferirenden Spreiten auf das Nämliche hin, indem die Bündel von Plasmaströmen von der Anheftungsstelle herabgehen, niemals aufwärts. An angeschnittenen treten auch, als Andeutung des Unterschiedes von Basis und Spitze der Blätter, die neuen Rhizoide immer nur an derjenigen Wunde auf, welche der morphologischen Basis zugewandt ist, wie andererseits die Neubildungen am unteren Wundrande zu Blättern auswachsen und bei normalen Blättern die Prolif-

fikationen meist nahe der Blattspitze auftreten. Die *Caulerpa* zeigt sonach ähnliche Erscheinungen, wie sie an höheren Pflanzen bekannt sind.

### III. Bewegung des Protoplasmas in den Rhizomen und Rhizoiden.

Das Strombündel, welches aus dem Blatte in den Stiel übertritt, setzt sich ununterbrochen bis in's Rhizom fort, in welchem die Vertheilung des Plasmas ähnlich ist wie in den Blättern. Ebenso in den Rhizoiden.

### IV. Entstehung und Bedeutung der Zellstoffbalken der *Caulerpa*.

Anscheinend entstehen diese Balken ganz frei von der Zellwand innerhalb der hyalinen Plasmastränge. Sie dienen wahrscheinlich dazu, zu verhindern, daß die beiden Blattflächen durch die Turgorkraft von einander entfernt werden. Ohne sie würden die Blätter etwa zu zylinderförmigen Röhren werden, welche, ohne jede innere Stütze, wenig geeignet wären, den oft starken Bewegungen des Wassers zu widerstehen. In der lebenden Pflanze sind die Balken stark gedehnt; werden sie stellenweise durchschnitten, so treten Verwölbungen der Blattflächen ein.

C. K.

**R. Weber.** Theorie des Höhenwachstums. Botan. Zentralblatt. Bd. XLI. Nr. 1. S. 10. Nr. 2. S. 42.

Diese Theorie nimmt Bezug auf die für verschiedene Holzarten auffallend gleichartige Abnahme des Höhentriebes von einem gewissen, bei ca. 2—3 m über dem Boden liegenden Punkte an. Der Verf. sieht hierin die Folge der Einwirkung der Schwere auf den nach aufwärts gerichteten Saftstrom. Die senkrechte Aufwärtsbewegung sei eine mechanische Arbeitsleistung, welche hauptsächlich durch Ueberwindung der Schwere, wozu noch die sonstigen ebenfalls Funktionen der Höhe bildenden Widerstände der Bewegung kommen, theilweise aufgehoben und schließlich annullirt werde. Mit der Höhe nehmen osmotische Spannung und Saftdruck ab, der Saftdruck sei aber derjenige Motor, welcher die Streckung der Längsaxe der wachsenden Knospe bewirke, indem diese Streckung durch die Turgeszenz der Gewebe des Meristems im Vegetationspunkte bedingt werde. Das Meristem, welches vorwiegend aus protoplasmareichen Zellen bestehe, die sehr empfindlich auf äußere Einflüsse reagiren, werde auch auf den in Verminderung des Saftdruckes hervortretenden Einfluß der Schwere reagiren, demnach die Streckung der Axenanlage reguliren. Der Zweck solcher Regulierung ergebe sich daraus, daß nur bei einem bestimmten Betrag der Höhenzunahme die jährliche Saftzufuhr garantirt sei. „In dem Meristemgewebe, bezw. in dessen Protoplasma ist also der Regulator zu suchen, welcher die mechanische Aequivalenz der alljährlichen Arbeitsleistungen in der Saftbewegung kontrollirt. Dies ist aber nur dann möglich, wenn Höhe und Last genau im Reziprozitätsverhältnisse stehen.“

C. K.

**J. Blasf.** Untersuchungen über die physiologische Bedeutung des Siebtheils der Gefäßbündel. Berichte der deutsch. bot. Ges. Bd. VIII. H. 3. S. 56—60.

Nach verschiedenen, nur kurz angedeuteten anatomischen Untersuchungen hält Verf. dafür, daß die Siebröhren die Bedeutung eiweißleitender Organe nicht haben können, vielmehr diene ihr Inhalt hauptsächlich zur Ernährung des Kam-



biums. Das Auftreten und die Ausbildung der Siebröhren stehe in nächster Beziehung zur Ausbildung des Holzkörpers, so daß dort, wo nur ein schwacher Holzkörper zu entwickeln sei, die Elemente des Siebtheils schon inhaltsärmer seien, und bei den Wasserpflanzen, wo ein Holzkörper in den meisten Fällen gar nicht entwickelt ist, fänden sich an Stelle typischer Siebröhren nur gewöhnliche Parenchymzellen.

C. K.

**W. Hirsch.** Welche Einrichtungen bestehen behufs Ueberführung der in dem Speichergewebe der Samen niedergelegten Reservestoffe in den Embryo bei der Keimung? Berichte d. deutschen botan. Ges. Bd. VII. H. 1. S. 1—8.

Im anatomischen Bau des Speichergewebes ließen sich vier Typen unterscheiden, in denen die ernährungsphysiologischen Beziehungen zum Embryo ausgedrückt sind:

1. Bei größeren Samen mit kleinem, mehr oder weniger zentral gelegenem Embryo zeigt der Bau des Speichergewebes meist eine besondere Anordnung (strahlen- oder bogenförmige Reihen) und eine mehr oder weniger deutliche Streckung der Albumenzellen zum Embryo hin. Hierdurch werden die Bahnen der Wanderung für die bei der Keimung gelösten Stoffe angedeutet. Meist findet sich in diesen Samen ein Spalt oder wird solcher während der Keimung gebildet, gegen welchen sich dieselbe Anordnung und Streckung der Albumenzellen markiert; derselbe dient dazu, die heranwachsenden Kotylen aufzunehmen und diese soviel wie möglich mit dem Albumen in Berührung zu bringen, um die Stoffaufnahme zu beschleunigen und zu erleichtern.

2. In sehr kleinen Samen, deren Endosperm aus wenigen Zellen gebildet wird, und welche eine reiche Tüpfelung der Wände besitzen, ist eine solche Streckung der Albumenzellen nicht vorhanden, auch nicht notwendig, da hier schon durch die starke Tüpfelung der Zellmembranen eine genügend schnelle Leitung der Stoffe zum Embryo bewirkt wird.

3. Auch in Samen, deren Endospermgewebe dünne Membranen hat und von dem spiralig gewundenen Embryo durchsetzt wird, so daß es mit dem letzteren in vielfache Berührung kommt, ist eine Anordnung und Streckung der Zellen wie bei Typus 1 nicht notwendig.

4. Manchmal findet sich eine radienartige Anordnung und Streckung der Albumenzellen, verbunden mit einem deutlich differenzierten Saugapparat, welche beide durch ihr Zusammenwirken die Leitung der Stoffe zum Embryo hin vermitteln; oder Stoffaufnahme und Leitung geschieht nur durch ein Saugorgan.

Bei allen endospermhaltigen Samen, deren Embryo keine besonderen Saugapparate besitzt, tritt an Stelle desselben „Quellgewebe“ auf, d. h. ein besonderes die Grenzschichte des Endosperms gegen den Embryo bildendes Gewebe, welches beim Keimen stark aufquillt und sich dicht an die, die Stoffe aufnehmende Epidermis des Embryo anlegt.

C. K.

**E. Hartig.** Ueber die Folgen der Baumringelung. Botan. Zentralblatt. Bd. XLI. Nr. 8. S. 251. Nr. 9. S. 283.

Geringelte Bäume verhalten sich je nach der Stammstärke und der Holzart, sowie je nach dem Individuum sehr abweichend: die einen sterben bald ab, wäh-

rend andere sehr lange am Leben bleiben. Verf. hat schon früher die Ansicht geäußert, daß auf die Lebensdauer geringelter Bäume wahrscheinlich der Bau der Wurzeln großen Einfluß übe, sowie daß Verwachsungen der Wurzeln geringelter Bäume mit jenen nicht geringelter Nachbarstämme in Betracht kommen. Solche Baumarten werden nach Ringelung bald absterben müssen, deren Wurzeln mit dem Aufhören der Ernährung und dadurch des Wachstums und der Saftwurzelnbildung auch sehr bald die Aufnahmefähigkeit für Wasser und Nährstoffe verlieren (Kiefer, Fichte u. s. w.) — außer wenn diese Bäume von den Wurzeln benachbarter Individuen her ernährt werden. Alsdann werden die geringelten Bäume so lange am Leben bleiben, als der geringelte Holztheil noch Wasser nach oben passiren läßt. Wenn dagegen die Wurzeln auch in ihren älteren Theilen die Fähigkeit der Wasseraufnahme nicht ganz einbüßen (Ahorn, Linde u. s. w.), so werden solche Baumarten nach der Ringelung auch ohne unterirdische Verwachsung am Leben bleiben, so lange überhaupt der entblöste Holzkörper leitungsfähig ist.

Diese Ansichten fanden in den Ergebnissen eines Ringelungsversuchs ihre Bestätigung. Eine 100jährige Fichte, welche sich in der Höhe von 4,5 m in zwei annähernd gleich starke Stämme gabelte, wurde 1871 an dem einen Gabelstamm geringelt. Die beiden Kronen waren völlig grün (die des geringelten Stammes etwas spärlicher benadelt), als der Baum im Winter 1888/89 gefällt wurde. Die Wurzeln der geringelten Seite hatten ihr Wachsthum eingestellt, die 17 Jahre lange Dauer des geringelten Gabelstammes wird dadurch erklärlich, daß die Wurzeln der anderen Seite dem ersteren Wasser und Nahrung zuführten.

C. K.

**A. Voss.** Das Zutiefstehen der Bäume ein Generalfehler im Obstbau. Der hannover'sche Obstwart u. Naturfreund. I. Jahrg. 1889. Nr. 5.

In der Abhandlung „Zur Kenntniß des Verhaltens der Pflanzen bei verschiedener Höhe der Erdbedeckung“<sup>1)</sup> wurde unter Anderm an den schädlichen Folgen des zu tiefen Pflanzens demonstrirt, wie ungünstig es wirke, wenn die Gewächse einer ungeeigneten Tiefe einverleibt würden und außer Stande seien, in bessere Situation zu gelangen. „Ueber die Ursachen des besonderen Verhaltens und der Empfindlichkeit der Stammbasis gegen Erdbedeckung läßt sich zur Zeit nichts experimentell Begründetes angeben. Anscheinend handelt es sich um den beschränkten Sauerstoffzutritt zu Stammtheilen, welche ihrer ganzen Ausbildung nach zum Leben an der freien Luft, aber nicht oder nicht ohne Weiteres zum Leben in der Erde befähigt sind. Auf der anderen Seite ist es allerdings nicht ausgeschlossen, daß es für das ganze Wurzelsystem von Nachtheil ist, wenn dasselbe zu tief in die Erde zu stehen kommt. Es möchte für die Pflanze schädlich sein, wenn dieselbe nicht in der Nähe der Erdoberfläche, in dem lockersten Boden, Wurzeln ausbreitet.“ Es steht diese Aufstellung im Einklang mit verschiedenen Thatsachen, darunter auch mit der Erzeugung aufrecht wachsender Wurzeln bei gewissen Gewächsen, mit den Aenderungen des Wurzelverlaufs bei der Erle auf Sumpfboden u. s. w. — In ähnlicher Weise hat sich schon früher

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. XII. H. 3/4. S. 271 ff.

*Sorauer*<sup>1)</sup> ausgesprochen; *R. Hartig*<sup>2)</sup> sucht die Ursache der Schädlichkeit des zu tiefen Pflanzens in dem Absterben der Wurzeln.

Aus Anlaß der genannten Publikation machte Herr *Voss*, Institutsgärtner in Göttingen, darauf aufmerksam, daß er sich mit der vorwürfigen Frage sehr eingehend befaßt habe<sup>3)</sup>. Es wird auch eine von den erwähnten abweichende Theorie über die Ursachen der Schädlichkeit des zu tiefen Pflanzens aufgestellt. Da dem Referenten die thatsächlich begründenden Details der *Voss*'schen Untersuchungen zur Zeit nicht näher bekannt, resp. die unten zitierten litterarischen Nachweise nicht zur Hand sind, so muß er sich damit begnügen, auf die *Voss*'schen Arbeiten und Theorien kurz zu verweisen, zu Nutz und Frommen solcher Forscher, die beabsichtigen und in der Lage sein sollten, sich mit Untersuchungen über diese Frage zu befassen.

*Voss* bestreitet, daß es sich bei den schädlichen Folgen des zu tiefen Pflanzens um ungenügenden Sauerstoffzutritt, sei es zu den Wurzeln, sei es zur beerdeten Stammbasis, handle. Daß auf einem für Luft nicht durchlässigen Boden die Baumwurzeln faulen, sei ja richtig, aber dies sei keine Besonderheit des zu tiefen Setzens, vielmehr stürben unter solchen Bedingungen die Wurzeln auch bei richtigem Setzen ab. Dagegen trete Wurzelsäule bei zu tief gesetzten Bäumen auch dann ein, wenn der Boden zweifellos dem Sauerstoff reichlich Zutritt gestatte. Ferner könnte man von ungenügendem Luftzutritt zu dem beerdeten Stammtheil vielfach deshalb nicht reden, weil aus dem beerdeten Stammtheile oft Wurzeln und Sprosse austreiben, während diese Bäume gleichwohl durch das zu tiefe Setzen leiden. Wenn man ferner den unteren Theil des Stammes auf 30 cm Höhe von der Luft abschließe, so träten die nachtheiligen Folgen, welche man an zu tief gesetzten Bäumen beobachte, nicht ein. Die Erscheinungen, welche an beerdeten Stammtheile zu beobachten seien, worunter Wucherungen oder Masergebilde, deuteten darauf hin, daß eine Stauung des plastischen Materials die nächste Ursache des Leidens sei. „Es findet in Folge einer zeitweiligen oder dauernden Einwirkung der Bodenfeuchtigkeit auf den in die Erde gekommenen Stammtheil der Gehölze eine zeitweilige oder dauernde Stauung des in den Blättern verarbeiteten, nach den Verbrauchsorten wandernden Baumaterials statt. Je nach dem Maße, in welchem die Bodenfeuchtigkeit in das Gewebe des Stammtheils einzudringen vermag, und je nach der Natur des Baumes wird die Wanderung von Baumaterial nach den Wurzeln hin mehr oder weniger gehemmt. Die Wurzeln erhalten in Folge dessen kein oder nur wenig Baumaterial, die erforderlichen Neubildungen können daher nicht oder nicht ausreichend stattfinden, und hierdurch findet die auch in sehr lockerem Boden häufig vorkommende Wurzelsäule zu tief stehender Bäume die einzig mögliche und zugleich ungezwungenste Erklärung. — Ist diese Stauung wegen den Stamm umgebender sehr trockener Erde nicht möglich, dann schadet natürlich auch das Zutiefstehen dem Baume nicht.“

C. K.

<sup>1)</sup> Pflanzenkrankheiten. 2. Aufl. Bd. I. S. 27.

<sup>2)</sup> Lehrbuch der Baumkrankheiten. S. 174.

<sup>3)</sup> Hausgarten. 1882. Nr. 11, 12. — Deutsche Gärtnerzeitung. 1885. Nr. 7, 8. — *Möller's* deutsche Gärtnerzeitung. 1886. Nr. 3, 5, 6. — Prakt. Ratgeber im Obst- und Gartenbau. 1886. Nr. 32–38. — Göttinger Zeitung. 1886. Nr. 6889. — Pomologische Monatshefte. 1887. Heft 2 u. 12. — *Gaucher's* Praktischer Obstbaunzüchter. 1888. Heft 12.

**H. Hoffmann.** Ueber phänologische Accommodation. Botan. Zeitung. 1890. Nr. 6—11.

Bekanntlich vermögen sich die Pflanzen in dem Modus ihrer Entwicklungsphasen dem Klima mehr oder weniger anzupassen; es läßt sich dies sowohl für alte Kultur-, wie für wilde Pflanzen nachweisen. Bei kurzlebigen Pflanzen vollzieht sich die Anpassung schon in wenigen Jahren und 3—6 Generationen, allerdings mit verschiedenen Ausnahmen, Abweichungen und Widersprüchen. Der Verf. theilt hier die Ergebnisse von Versuchen und Beobachtungen mit, welche sich auf langlebige Pflanzen beziehen, speziell mit Rücksicht a. auf das Verhalten der Hochgebirgskräuter in der Niederung, b. hochnordischer Pflanzen nach der Versetzung nach Süden, c. südeuropäischer Exemplare nach der Verbringung in nördliche Gegenden. Die sämtlichen aus der Fremde bezogenen Pflanzen oder Samen waren wild gesammelt, also an ihrem Standort vollkommen akkomodirt.

1. Beobachtungen an Hochgebirgskräutern. Hierüber sei Folgendes hervorgehoben.

*Solidago Virgaurea*. Bewurzelte Exemplare wurden 1884 vom Riffelhaus (2570 m) nach Gießen (160 m) verbracht. Dieselben blühten in den Jahren 1886 bis 1889 um 30—59 Tage früher auf als die Gießener Pflanzen; das Intervall zwischen Aufblühen und Fruchtreife war bei den beiderlei Pflanzen wenig verschieden. Die Hochgebirgspflanzen zeigten also während der genannten Zeit keine Neigung den neuen klimatischen Verhältnissen sich anzupassen. „Offenbar sind die Pflanzen durch den früheren Eintritt der Wärme auf ihrer neuen Station getäuscht worden, sie blühen zu einer Zeit, wo ihre Heimathstätte noch unter Schnee liegt.“ Derselbe Vorsprung in Blüthe und Reife war auch bei aus Originalsamen gezogenen Hochgebirgspflanzen und deren in Gießen gewonnenen Nachzucht (eine Generation) zu konstatiren.

Bei anderen Arten waren die Unterschiede geringer oder gar nicht vorhanden, theilweise unregelmäßig oder zweifelhaft.

2. Verpflanzung aus dem Norden.

*Plantago media*. Bewurzelte Pflanzen aus Upsala (60° n. Br.) blühten in Gießen in 2 Jahren um 11—12 Tage früher als die Gießener Vergleichspflanzen. Andere Arten verhielten sich ähnlich, manche blühten später als die Gießener Pflanzen, aber immerhin früher als in ihrer Heimath.

3. Verpflanzung aus dem Süden.

Diese Pflanzen blühen in fast allen Fällen verspätet gegenüber den Gießener Exemplaren; bei *Plantago major* u. a. wurde dasselbe auch für eine Nachzuchtsgeneration, bei *Plantago lanceolata* für zwei solche nachgewiesen. Manche Arten, wie *Hypericum perforatum*, scheinen sich aber eher zu akkomodiren. „Die italienischen Pflanzen blühen in ihrer Heimath früher als die nach Gießen verpflanzten Exemplare, sie blühen in Gießen sogar später als die gleichnamigen eingeborenen Gießener. Sie scheinen ein bestimmtes gewohnheitsmäßiges Quantum von Wärme zu beanspruchen für das Aufblühen und Fruchtreifen, das sich für sie in Neapel selbstverständlich früher erfüllt als in Gießen. Die Gießener Originalpflanzen dagegen sind im Laufe der Zeit auf ein geringeres Wärmemaß

akkommodirt mit Rücksicht auf den kürzeren Sommer und können daher schon früh bei einer Temperatur aufblühen, welche auf die daneben stehenden Italiener noch ohne Wirkung blieb.“

Innerhalb dreier Generationen machte sich im Allgemeinen noch keine deutliche Tendenz zur Verlegung der Phasen erkennbar.

Versuche, die sich über eine längere Reihe von Jahren erstreckten, wurden mit mehreren Arten verschiedener Herkunft angestellt. *Dianthus alpinus* blühte in Gießen während 17 Jahren sowohl in den Mutterpflanzen wie in 4 Nachzuchtsgenerationen durchweg wesentlich früher als in der Heimath; bei *Hieracium alpinum* zeigte die beschleunigte Blüthe während 15 Jahren und in 5 Generationen keine merkliche Verzögerung u. s. w. „Es bedarf zur perfekten klimatischen Akkommodation aller Wahrscheinlichkeit nach eines weit längeren Zeitraumes und einer weit größeren Reihe von Generationen.“

Als Nutzenanwendung der vorstehenden Thatsachen ergibt sich, daß zu vergleichbaren phänologischen Beobachtungen nicht jede beliebige Pflanze brauchbar ist, man hat sich vielmehr an wirklich akkommodirte, sei es alt eingeführte oder wilde, zu halten. Die letzteren sind im Freien zu beobachten, oder wenn man die Beobachtungen im Garten machen will, so müssen die Exemplare aus möglichster Nähe entnommen sein. Weiter hat man auch bei den einheimischen Pflanzen die individuelle Ungleichheit in der Entwicklung zu berücksichtigen und deshalb mehrere Exemplare an verschiedenen benachbarten Standorten zu beobachten. Auch kommt es vor, daß die Aufeinanderfolge des Aufblühens in verschiedenen Jahren nicht nur bei verschiedenen Arten, sondern auch bei bestimmten Beeten oder Bäumen verschieden ist, auch abweichend vom vieljährigen Mittel. Gleichnamige Pflanzenarten können an verschiedenen, weit entfernten Orten eine ganz verschiedene Aufeinanderfolge der Blüthe haben. C. K.

**J. Behrens.** Zur Kenntniß einiger Wachstums- und Gestaltungsvorgänge in der vegetabilischen Zelle. Botan. Zeitung. 1890. Nr. 6—10.

**A. Zimmermann.** Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pflanzenzelle. Tübingen. 1890. Laupp'sche Buchhandlung.

**Th. Bokorny.** Zur Kenntniß des Cytoplasmas. Berichte d. deutsch. bot. Ges. Bd. VIII. Heft 3. S. 95.



### III. Agrar-Meteorologie.

*Mittheilungen aus dem agrikulturphysikalischen Laboratorium und Versuchsfelde  
der technischen Hochschule in München.*

#### LVI. Untersuchungen über das Verhalten der atmosphärischen Niederschläge zur Pflanze und zum Boden.<sup>1)</sup>

Von Professor Dr. E. Wollny in München.

##### 3. Das Eindringen des Regens in den Boden.

Die für die Beurtheilung der Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens wichtige Frage über das Eindringen des Regens in den Boden bildet den Gegenstand der nachfolgenden Mittheilung. An der Hand eigener und fremder Untersuchungen sollen in derselben die Einwirkungen der in bezeichneter Richtung maßgebenden Faktoren darzulegen versucht werden. Bei einiger Ueberlegung gelangt man zu dem Resultat, daß, abgesehen von der Verdunstung, für die Durchfeuchtung des Erdreiches seitens des Niederschlagswassers hauptsächlich drei Umstände von Belang sind, nämlich: 1) die oberirdische Abfuhr, wie solche an geneigten Flächen eintritt, 2) die Hindernisse, welche sich den auffallenden Wässern entgegenstellen (Bodenbedeckung), und 3) die physikalischen Eigenschaften des Bodens. Von diesen Gesichtspunkten aus ist in dem Folgenden das Eindringen des Regens in den Boden in Betracht gezogen worden.

##### *A. Die oberirdische Wasserabfuhr an geneigten Flächen.*

Die in dieser Versuchsreihe verwendeten Apparate (Fig. 2) bestanden aus starken Holzkästen (a) von quadratischem Querschnitt (80 : 80 cm)

<sup>1)</sup> Vergl. die früheren Mittheilungen in dieser Zeitschrift. Bd. X. 1887. S. 153. — Bd. XII. 1889. S. 423.

und 25 cm Tiefe, welche mit verschiedenen Bodenarten gefüllt und unter einem bestimmten Neigungswinkel gegen die Erdoberfläche nach verschiedenen Himmelsrichtungen aufgestellt wurden. An der unteren Kante, die ganze Länge derselben einnehmend, war eine seitlich und oben geschlossene Rinne aus Zinkblech (*b*) angebracht, welche oben einen kleinen, in das Erdreich ragenden Fortsatz trug. Das von der Bodenoberfläche in die Rinne laufende

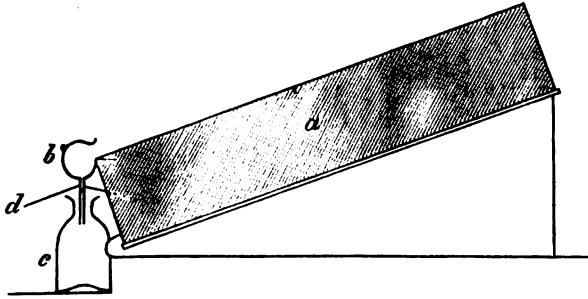


Fig. 2.

Wasser wurde durch eine an der Seite angebrachte Röhre in eine Flasche (*c*) abgeführt, welche gegen das Eindringen des Regenwassers durch ein kleines Dach (*d*), geschützt war.

Die beschriebenen Apparate standen nach allen Richtungen frei. Neben denselben war ein Regenmesser mit 0,1 qm Auffangfläche angebracht. Als Versuchsböden wurden Lehm, reiner Kalksand (aus der Isar), Quarzsand (von Nürnberg) und humoser Kalksand verwendet. Dieselben wurden fest eingefüllt und oberflächlich geglättet. In einigen unten näher bezeichneten Apparaten wurde eine dichte Grasdecke durch Ansaat hergestellt oder der Boden mit Erbsen bestellt, in den übrigen blieb die Oberfläche nackt und wurde in diesem Zustande durch Ausjäten des Unkrautes erhalten.

Die Resultate, berechnet pro 1 qm Fläche, stellen sich wie folgt:

1. Verschiedene Neigung der Fläche gegen den Horizont bei südlicher Exposition.

Versuch I (1882).

| Datum.        | Regen-<br>menge<br>pro<br>1 qm.<br>ccm | Oberirdisch abgeführte Wassermenge in ccm<br>pro 1 qm Fläche. |                          |                 |                   |             |             |             |             |             |
|---------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|               |                                        | Lehm.                                                         | Reiner<br>Kalk-<br>sand. | Quarz-<br>sand. | Humoser Kalksand. |             |             |             |             |             |
|               |                                        |                                                               |                          |                 | Gras.             |             |             | Nackt.      |             |             |
|               |                                        |                                                               |                          |                 | Neigung: 20°      |             |             |             |             |             |
|               |                                        |                                                               |                          | 10°             | 20°               | 30°         | 10°         | 20°         | 30°         |             |
| 1.—5. April   | 280                                    | —                                                             | —                        | —               | —                 | —           | —           | —           | —           | —           |
| 6.—10. "      | 18000                                  | 1175                                                          | 1150                     | 1216            | 312               | 555         | 1056        | 181         | 484         | 1203        |
| 11.—15. "     | 8980                                   | —                                                             | —                        | —               | —                 | —           | —           | —           | —           | —           |
| 16.—20. "     | 4740                                   | —                                                             | —                        | —               | —                 | —           | —           | —           | —           | —           |
| 21.—25. "     | 8520                                   | 72                                                            | 41                       | 144             | 125               | 97          | 39          | —           | 28          | —           |
| 26.—30. "     | 22840                                  | 922                                                           | 531                      | 766             | 1094              | 972         | 758         | 334         | 416         | 203         |
| <b>Summa:</b> | <b>48360</b>                           | <b>2169</b>                                                   | <b>1722</b>              | <b>2126</b>     | <b>1531</b>       | <b>1624</b> | <b>1853</b> | <b>515</b>  | <b>928</b>  | <b>1406</b> |
| 1.—5. Mai     | 25250                                  | 2550                                                          | 1272                     | 1300            | 715               | 869         | 1112        | 88          | 500         | 1366        |
| 6.—10. "      | 4500                                   | 50                                                            | 31                       | 55              | 64                | 34          | 86          | —           | 12          | 50          |
| 11.—15. "     | 1110                                   | —                                                             | —                        | —               | —                 | —           | —           | —           | —           | —           |
| 16.—20. "     | 950                                    | —                                                             | —                        | —               | —                 | —           | —           | —           | —           | —           |
| 21.—25. "     | 5360                                   | 106                                                           | 86                       | 892             | 84                | 72          | 69          | —           | —           | —           |
| 26.—31. "     | 19800                                  | 1336                                                          | 1828                     | 1750            | 766               | 953         | 844         | 656         | 898         | 1336        |
| <b>Summa:</b> | <b>56970</b>                           | <b>4042</b>                                                   | <b>3217</b>              | <b>3497</b>     | <b>1629</b>       | <b>1928</b> | <b>2061</b> | <b>694</b>  | <b>1410</b> | <b>2752</b> |
| 1.—5. Juni    | 47180                                  | 4431                                                          | 3331                     | 2800            | 647               | 1719        | 2073        | 961         | 1672        | 2356        |
| 6.—10. "      | 20900                                  | 689                                                           | 286                      | 1095            | 41                | 431         | 528         | —           | 33          | 358         |
| 11.—15. "     | 9040                                   | —                                                             | —                        | —               | —                 | —           | —           | —           | —           | —           |
| 16.—20. "     | 19649                                  | 122                                                           | —                        | 622             | 156               | 441         | 358         | —           | 28          | 19          |
| 21.—25. "     | 8400                                   | 399                                                           | 469                      | 179             | 41                | 120         | 141         | 44          | 234         | 344         |
| 26.—30. "     | 11200                                  | 708                                                           | 22                       | 903             | 97                | 477         | 469         | —           | 62          | 125         |
| <b>Summa:</b> | <b>109360</b>                          | <b>6347</b>                                                   | <b>4108</b>              | <b>5599</b>     | <b>982</b>        | <b>3188</b> | <b>3569</b> | <b>1005</b> | <b>2029</b> | <b>3702</b> |
| 1.—5. Juli    | 38130                                  | 4258                                                          | 5717                     | 2187            | 508               | 1948        | 2309        | 778         | 1308        | 2429        |
| 6.—10. "      | 28100                                  | 4127                                                          | 2666                     | 1787            | 712               | 708         | 898         | 439         | 422         | 791         |
| 11.—15. "     | 9740                                   | 1161                                                          | 587                      | 314             | 203               | 69          | 155         | 34          | 41          | 87          |
| 16.—20. "     | 23300                                  | 8528                                                          | 1906                     | 1625            | 409               | 1172        | 1281        | 781         | 1156        | 1687        |
| 21.—25. "     | 12580                                  | 656                                                           | 1125                     | 547             | 131               | 244         | 445         | 112         | 62          | 259         |
| 26.—31. "     | 55080                                  | 14081                                                         | 8678                     | 3709            | 1854              | 1695        | 2209        | 1011        | 1458        | 2362        |
| <b>Summa:</b> | <b>166930</b>                          | <b>27311</b>                                                  | <b>20679</b>             | <b>10169</b>    | <b>3815</b>       | <b>5836</b> | <b>7297</b> | <b>3155</b> | <b>4447</b> | <b>7615</b> |



| Datum.        | Regen-<br>menge<br>pro<br>1 qm.<br>ccm | Oberirdisch abgeführte Wassermenge in ccm<br>pro 1 qm Fläche. |                          |                 |                   |             |             |             |             |             |
|---------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|               |                                        | Lehm.                                                         | Reiner<br>Kalk-<br>sand. | Quarz-<br>sand. | Humoser Kalksand. |             |             |             |             |             |
|               |                                        |                                                               |                          |                 | Gras.             |             |             | Nackt.      |             |             |
|               |                                        |                                                               |                          |                 | Neigung: 30°      |             |             | 10°         | 20°         | 30°         |
| 1.—5. August  | 29290                                  | 6925                                                          | 3520                     | 1473            | 390               | 578         | 756         | 278         | 372         | 916         |
| 6.—10. "      | 5190                                   | 1875                                                          | 650                      | 172             | —                 | 61          | —           | —           | 103         | —           |
| 11.—15. "     | 8620                                   | —                                                             | —                        | —               | —                 | —           | —           | —           | —           | —           |
| 16.—20. "     | 21870                                  | 4909                                                          | 5220                     | 2055            | 758               | 770         | 1228        | 387         | 926         | 1422        |
| 21.—25. "     | 35840                                  | 6216                                                          | 6492                     | 2406            | 1250              | 1286        | 1361        | 722         | 1859        | 1888        |
| 26.—31. "     | 15320                                  | 2016                                                          | 2939                     | 345             | 381               | 408         | 356         | 106         | 281         | 279         |
| <b>Summa:</b> | <b>110630</b>                          | <b>21341</b>                                                  | <b>18821</b>             | <b>6451</b>     | <b>2774</b>       | <b>3103</b> | <b>3701</b> | <b>1493</b> | <b>3541</b> | <b>4455</b> |
| 1.—5. Sept.   | 32630                                  | 6825                                                          | 6741                     | 3109            | 541               | 1578        | 2219        | 2234        | 4501        | 3891        |
| 6.—10. "      | 14780                                  | 3500                                                          | 3388                     | 1875            | 883               | 859         | 891         | 1469        | 1662        | 2281        |
| 11.—15. "     | 2480                                   | —                                                             | —                        | —               | —                 | —           | —           | —           | —           | —           |
| 16.—20. "     | 16270                                  | 1844                                                          | 1172                     | 1016            | 156               | 581         | 703         | 250         | 222         | 586         |
| 21.—25. "     | 19500                                  | 4719                                                          | 4539                     | 1883            | 225               | 711         | 781         | 366         | 703         | 1094        |
| 26.—30. "     | 27470                                  | 8419                                                          | 7281                     | 1437            | 172               | 569         | 881         | 262         | 379         | 1805        |
| <b>Summa:</b> | <b>119030</b>                          | <b>24907</b>                                                  | <b>23121</b>             | <b>8320</b>     | <b>1477</b>       | <b>4248</b> | <b>5475</b> | <b>4581</b> | <b>7467</b> | <b>9157</b> |

## Versuch II (1883).

| Datum.        | Regen-<br>menge<br>pro 1 qm.<br>ccm | Oberirdisch abgeführte Wassermenge<br>in ccm pro 1 qm Fläche. |             |             |             |             |     |
|---------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----|
|               |                                     | Humoser Kalksand.                                             |             |             |             |             |     |
|               |                                     | Gras.                                                         |             |             | Nackt.      |             |     |
|               |                                     | 10°                                                           | 20°         | 30°         | 10°         | 20°         | 30° |
| 1.—5. April   | 900                                 | —                                                             | —           | —           | —           | —           |     |
| 6.—10. "      | 6250                                | 228                                                           | 279         | 261         | 142         | 305         |     |
| 11.—15. "     | 8325                                | 101                                                           | 144         | 283         | 166         | 273         |     |
| 16.—20. "     | 1850                                | —                                                             | —           | —           | —           | —           |     |
| 21.—25. "     | 4250                                | —                                                             | —           | 123         | 91          | 108         |     |
| 26.—30. "     | 30625                               | 294                                                           | 764         | 1245        | 1036        | 1031        |     |
| <b>Summa:</b> | <b>52200</b>                        | <b>623</b>                                                    | <b>1187</b> | <b>1912</b> | <b>1435</b> | <b>1717</b> |     |

| Datum.        | Regen-<br>menge<br>pro 1 qm.<br>ccm | Oberirdisch abgeführte Wassermenge<br>in ccm pro 1 qm Fläche. |      |      |        |      |       |
|---------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------|------|------|--------|------|-------|
|               |                                     | Humoser Kalksand.                                             |      |      |        |      |       |
|               |                                     | Gras.                                                         |      |      | Nackt. |      |       |
|               |                                     | 10°                                                           | 20°  | 30°  | 10°    | 20°  | 30°   |
| 1.— 5. Mai    | 10575                               | 216                                                           | 416  | 233  | 216    | 183  | 239   |
| 6.—10. "      | 1700                                | —                                                             | —    | —    | —      | —    | —     |
| 11.—15. "     | 5700                                | 189                                                           | 747  | 253  | 106    | 56   | —     |
| 16.—20. "     | 19175                               | 267                                                           | 545  | 636  | 508    | 672  | 766   |
| 21.—25. "     | 1150                                | —                                                             | —    | —    | —      | —    | —     |
| 26.—31. "     | 51350                               | 1137                                                          | 1716 | 3348 | 1219   | 1989 | 3756  |
| Summa:        | 83650                               | 1809                                                          | 3424 | 4470 | 2049   | 2850 | 4761  |
| 1.— 5. Juni   | 6750                                | 92                                                            | 186  | 179  | 156    | 258  | 378   |
| 6.—10. "      | 28425                               | 548                                                           | 689  | 1072 | 522    | 717  | 1523  |
| 11.—15. "     | 50650                               | 92                                                            | 1200 | 1261 | 2161   | 3538 | 4105  |
| 16.—20. "     | 50325                               | 825                                                           | 967  | 881  | 2630   | 3284 | 3645  |
| 21.—25. "     | 23175                               | 378                                                           | 519  | 681  | 505    | 786  | 700   |
| 26.—30. "     | 5575                                | 26                                                            | 89   | 131  | 42     | 139  | 322   |
| Summa:        | 168900                              | 2461                                                          | 3650 | 4205 | 6016   | 8722 | 10673 |
| 1.— 5. Juli   | —                                   | —                                                             | —    | —    | —      | —    | —     |
| 6.—10. "      | 8625                                | 33                                                            | 48   | 309  | 58     | 187  | 551   |
| 11.—15. "     | 55750                               | 572                                                           | 1626 | 4530 | 3731   | 4723 | 6000  |
| 16.—20. "     | 13525                               | 55                                                            | 87   | 341  | 219    | 484  | 436   |
| 21.—25. "     | 40750                               | 92                                                            | 359  | 1700 | 578    | 1517 | 2106  |
| 26.—31. "     | 17100                               | 386                                                           | 175  | 772  | 894    | 1567 | 1666  |
| Summa:        | 135750                              | 1138                                                          | 2295 | 7652 | 5480   | 8478 | 10759 |
| 1.— 5. August | 9450                                | —                                                             | —    | 145  | 347    | 592  | 589   |
| 6.—10. "      | 14950                               | 237                                                           | 261  | 694  | 306    | 447  | 991   |
| 11.—15. "     | 7750                                | 45                                                            | 94   | 306  | 262    | 534  | 706   |
| 16.—20. "     | 27850                               | 176                                                           | 519  | 1616 | 617    | 992  | 1961  |
| 21.—25. "     | —                                   | —                                                             | —    | —    | —      | —    | —     |
| 26.—31. "     | 375                                 | —                                                             | —    | —    | —      | —    | —     |
| Summa:        | 59875                               | 458                                                           | 874  | 2661 | 1532   | 2565 | 4247  |

| Datum.       | Regen-<br>menge<br>pro 1 qm.<br>ccm | Oberirdisch abgeführte Wassermenge<br>in ccm pro 1 qm Fläche. |      |      |        |      |      |
|--------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------|------|------|--------|------|------|
|              |                                     | Humoser Kalksand.                                             |      |      |        |      |      |
|              |                                     | Gras.                                                         |      |      | Nackt. |      |      |
|              |                                     | 10°                                                           | 20°  | 30°  | 10°    | 20°  | 30°  |
| 1.— 5. Sept. | 15250                               | 164                                                           | 309  | 884  | 478    | 1266 | 1508 |
| 6.—10. "     | 15375                               | 16                                                            | 148  | 601  | 120    | 425  | 669  |
| 11.—15. "    | —                                   | —                                                             | —    | —    | —      | —    | —    |
| 16.—20. "    | 44875                               | 384                                                           | 737  | 8608 | 1437   | 1853 | 3545 |
| 21.—25. "    | 16600                               | 89                                                            | 229  | 967  | 73     | 191  | 453  |
| 26.—30. "    | 29400                               | 199                                                           | 289  | 2354 | 725    | 837  | 1891 |
| Summa:       | 121500                              | 802                                                           | 1712 | 8412 | 2333   | 4572 | 8066 |

2. Verschiedene Neigung der Fläche gegen den Horizont und  
gegen die Himmelsrichtung.

Versuch I (1882).

Humoser Kalksand. Nacht.

| Datum.       | Regen-<br>menge<br>pro<br>1 qm.<br>ccm | Oberirdisch abgeführte Wassermenge in ccm<br>pro 1 qm Fläche. |      |      |       |               |      |      |       |
|--------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------|------|------|-------|---------------|------|------|-------|
|              |                                        | Neigung: 15°.                                                 |      |      |       | Neigung: 30°. |      |      |       |
|              |                                        | Nord.                                                         | Süd. | Ost. | West. | Nord.         | Süd. | Ost. | West. |
| 1.— 5. April | 280                                    | —                                                             | —    | —    | —     | —             | —    | —    | —     |
| 6.—10. "     | 13000                                  | 150                                                           | 103  | 281  | 25    | 747           | 742  | 1878 | 391   |
| 11.—15. "    | 8980                                   | —                                                             | —    | —    | —     | —             | —    | —    | —     |
| 16.—20. "    | 4740                                   | —                                                             | —    | —    | —     | —             | —    | —    | —     |
| 21.—25. "    | 3520                                   | 25                                                            | —    | —    | —     | 81            | —    | —    | —     |
| 26.—30. "    | 22840                                  | 984                                                           | —    | 501  | 469   | 984           | —    | —    | 625   |
| Summa:       | 48360                                  | 1159                                                          | 103  | 782  | 494   | 1762          | 742  | 1378 | 1016  |
| 1.— 5. Mai   | 25250                                  | 909                                                           | —    | 372  | 272   | 1603          | 653  | 1073 | 1131  |
| 6.—10. "     | 4500                                   | 47                                                            | 19   | 14   | 16    | 53            | 28   | 22   | 33    |
| 11.—15. "    | 1110                                   | —                                                             | —    | —    | —     | —             | —    | —    | —     |
| 16.—20. "    | 950                                    | —                                                             | —    | —    | —     | —             | —    | —    | —     |
| 21.—25. "    | 5860                                   | 81                                                            | —    | —    | —     | 44            | —    | —    | —     |
| 26.—31. "    | 19800                                  | 719                                                           | 1066 | 859  | 883   | 1156          | 1429 | 1265 | 1266  |
| Summa:       | 56970                                  | 1706                                                          | 1085 | 1245 | 671   | 2856          | 2110 | 2360 | 2430  |

| Datum.        | Regen-<br>menge<br>pro<br>1 qm.<br>ccm | Oberirdisch abgeführte Wassermenge in ccm<br>pro 1 qm Fläche. |             |             |             |               |             |             |              |
|---------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------|-------------|-------------|--------------|
|               |                                        | Neigung: 15°.                                                 |             |             |             | Neigung: 30°. |             |             |              |
|               |                                        | Nord.                                                         | Süd.        | Ost.        | West.       | Nord.         | Süd.        | Ost.        | West.        |
| 1.— 5. Juni   | 47180                                  | 2093                                                          | 1093        | 1641        | 1422        | 2912          | 2197        | 2481        | 2965         |
| 6.—10. "      | 20900                                  | 325                                                           | —           | —           | 62          | 362           | 87          | 111         | 269          |
| 11.—15. "     | 9040                                   | —                                                             | —           | —           | —           | —             | —           | —           | —            |
| 16.—20. "     | 12640                                  | —                                                             | —           | —           | —           | 87            | —           | —           | —            |
| 21.—25. "     | 8400                                   | 55                                                            | 33          | 319         | 136         | 259           | 303         | 231         | 159          |
| 26.—30. "     | 11200                                  | 106                                                           | —           | 62          | —           | 266           | 19          | 97          | 44           |
| <b>Summa:</b> | <b>109360</b>                          | <b>2579</b>                                                   | <b>1126</b> | <b>2022</b> | <b>1620</b> | <b>4386</b>   | <b>2606</b> | <b>2920</b> | <b>3437</b>  |
| 1.— 5. Juli   | 88130                                  | 1156                                                          | 1594        | 2023        | 1451        | 2151          | 1859        | 1953        | 2203         |
| 6.—10. "      | 28100                                  | 1534                                                          | 497         | 848         | 512         | 1969          | 1358        | 1284        | 1320         |
| 11.—15. "     | 9740                                   | 247                                                           | —           | —           | 173         | 447           | 123         | 47          | 344          |
| 16.—20. "     | 23300                                  | 1297                                                          | 1429        | 1101        | 1500        | 2257          | 2976        | 2086        | 3047         |
| 21.—25. "     | 12580                                  | 456                                                           | —           | 106         | 300         | 766           | 244         | 212         | 531          |
| 26.—31. "     | 55080                                  | 3392                                                          | 189         | 962         | 1955        | 4253          | 1720        | 2555        | 3664         |
| <b>Summa:</b> | <b>166930</b>                          | <b>8062</b>                                                   | <b>3709</b> | <b>5040</b> | <b>5891</b> | <b>11883</b>  | <b>8235</b> | <b>8137</b> | <b>11109</b> |
| 1.— 5. Aug.   | 29290                                  | 884                                                           | 17          | 251         | 581         | 1800          | 529         | 819         | 1334         |
| 6.—10. "      | 5190                                   | 225                                                           | —           | —           | 84          | 450           | 147         | 109         | 234          |
| 11.—15. "     | 3620                                   | —                                                             | —           | —           | —           | —             | —           | —           | —            |
| 16.—20. "     | 21370                                  | 900                                                           | 1189        | 844         | 981         | 1414          | 2562        | 2078        | 1734         |
| 21.—25. "     | 35840                                  | 1969                                                          | 608         | 953         | 1391        | 2503          | 2239        | 2039        | 2459         |
| 26.—31. "     | 15320                                  | 475                                                           | 41          | 187         | 172         | 834           | 266         | 248         | 379          |
| <b>Summa:</b> | <b>110630</b>                          | <b>4453</b>                                                   | <b>1955</b> | <b>2235</b> | <b>3209</b> | <b>7001</b>   | <b>5793</b> | <b>5293</b> | <b>6120</b>  |
| 1.— 5. Sept.  | 82630                                  | 3203                                                          | 2336        | 3803        | 3047        | 3656          | 2944        | 3594        | 3391         |
| 6.—10. "      | 14780                                  | 2531                                                          | 2133        | 2656        | 2525        | 2156          | 2187        | 2039        | 3000         |
| 11.—15. "     | 2480                                   | —                                                             | —           | —           | —           | —             | —           | —           | —            |
| 16.—20. "     | 16270                                  | 703                                                           | 56          | 140         | 484         | 1859          | 281         | 406         | 1062         |
| 21.—25. "     | 19500                                  | 1453                                                          | 226         | 322         | 844         | 2812          | 656         | 844         | 1719         |
| 26.—30. "     | 27470                                  | 933                                                           | 328         | 433         | 914         | 2612          | 1362        | 831         | 3714         |
| <b>Summa:</b> | <b>113130</b>                          | <b>8823</b>                                                   | <b>5079</b> | <b>7354</b> | <b>7814</b> | <b>13095</b>  | <b>7430</b> | <b>7714</b> | <b>12886</b> |

## Versuch II (1883).

Humoser Kalksand. Mit Erbsen bestellt.

|               |              |             |             |             |             |             |             |             |             |
|---------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1.— 5. April  | 900          | —           | —           | —           | —           | —           | —           | —           | —           |
| 6.—10. "      | 6250         | 81          | 520         | 79          | 212         | 223         | 420         | 237         | 469         |
| 11.—15. "     | 8325         | 33          | 237         | 131         | 66          | 516         | 366         | 376         | 572         |
| 16.—20. "     | 1850         | —           | —           | —           | —           | —           | —           | —           | —           |
| 21.—25. "     | 4250         | 128         | 51          | 242         | 370         | 459         | 37          | 887         | 119         |
| 26.—30. "     | 30625        | 1391        | 1047        | 1798        | 1051        | 2945        | 1341        | 2953        | 1277        |
| <b>Summa:</b> | <b>52200</b> | <b>1633</b> | <b>1355</b> | <b>2250</b> | <b>1699</b> | <b>4143</b> | <b>2164</b> | <b>3953</b> | <b>2437</b> |

Verhalten der atmosphärischen Niederschläge zur Pflanze und zum Boden. 323

| Datum.        | Regenmenge pro 1 qm. ccm | Oberirdisch abgeflossene Wassermenge in ccm pro 1 qm Fläche. |             |             |             |               |             |              |              |
|---------------|--------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------|-------------|--------------|--------------|
|               |                          | Neigung: 15°.                                                |             |             |             | Neigung: 30°. |             |              |              |
|               |                          | Nord.                                                        | Süd.        | Ost.        | West.       | Nord.         | Süd.        | Ost.         | West.        |
| 1.—5. Mai     | 10575                    | 189                                                          | 178         | 108         | 116         | 525           | 291         | 277          | 431          |
| 6.—10. "      | 1700                     | —                                                            | —           | —           | —           | —             | —           | —            | —            |
| 11.—15. "     | 5700                     | 339                                                          | 103         | —           | 262         | 253           | 98          | 100          | 208          |
| 16.—20. "     | 13175                    | 494                                                          | 1014        | 297         | 912         | 645           | 1234        | 845          | 1734         |
| 21.—25. "     | 1150                     | —                                                            | —           | —           | —           | —             | —           | —            | —            |
| 26.—31. "     | 51350                    | 2527                                                         | 2353        | 1825        | 3136        | 4594          | 4441        | 4273         | 4858         |
| <b>Summa:</b> | <b>83650</b>             | <b>3499</b>                                                  | <b>3648</b> | <b>2230</b> | <b>4426</b> | <b>6017</b>   | <b>6064</b> | <b>5495</b>  | <b>7231</b>  |
| 1.—5. Juni    | 6750                     | 189                                                          | 311         | 219         | 419         | 505           | 469         | 356          | 597          |
| 6.—10. "      | 28425                    | 1422                                                         | 1105        | 866         | 1031        | 4500          | 1686        | 1481         | 2758         |
| 11.—15. "     | 10650                    | 2045                                                         | 1875        | 1669        | 1847        | 4542          | 3050        | 2303         | 4177         |
| 16.—20. "     | 50325                    | 2758                                                         | 1895        | 2077        | 2124        | 6372          | 2537        | 3820         | 5801         |
| 21.—25. "     | 23175                    | 1026                                                         | 608         | 619         | 779         | 3258          | 1074        | 1662         | 1856         |
| 26.—30. "     | 9575                     | 611                                                          | 250         | 256         | 358         | 1192          | 408         | 420          | 814          |
| <b>Summa:</b> | <b>168900</b>            | <b>8051</b>                                                  | <b>6048</b> | <b>5706</b> | <b>6558</b> | <b>20369</b>  | <b>9274</b> | <b>10042</b> | <b>16003</b> |
| 1.—5. Juli    | —                        | —                                                            | —           | —           | —           | —             | —           | —            | —            |
| 6.—10. "      | 8625                     | 231                                                          | 187         | 203         | 227         | 503           | 239         | 211          | 477          |
| 11.—15. "     | 55750                    | 5445                                                         | 1884        | 2445        | 4329        | 7742          | 3894        | 4184         | 7089         |
| 16.—20. "     | 13525                    | 489                                                          | 391         | 352         | 347         | 753           | 317         | 314          | 587          |
| 21.—25. "     | 40750                    | 2239                                                         | 1814        | 2022        | 2099        | 3178          | 1891        | 2067         | 2937         |
| 26.—31. "     | 17100                    | 1720                                                         | 1614        | 1797        | 1852        | 2825          | 1366        | 1503         | 2745         |
| <b>Summa:</b> | <b>135750</b>            | <b>10124</b>                                                 | <b>5890</b> | <b>6819</b> | <b>8854</b> | <b>15001</b>  | <b>7707</b> | <b>8279</b>  | <b>13835</b> |
| 1.—5. Aug.    | 9450                     | 527                                                          | 408         | 722         | 560         | 662           | 603         | 387          | 695          |
| 6.—10. "      | 14950                    | 866                                                          | 461         | 783         | 595         | 1383          | 783         | 1316         | 1056         |
| 11.—15. "     | 7750                     | 253                                                          | 629         | 406         | 259         | 284           | 664         | 742          | 602          |
| 16.—20. "     | 27350                    | 1600                                                         | 1095        | 1248        | 1370        | 2703          | 1297        | 2381         | 2316         |
| 21.—25. "     | —                        | —                                                            | —           | —           | —           | —             | —           | —            | —            |
| 26.—31. "     | 375                      | —                                                            | —           | —           | —           | —             | —           | —            | —            |
| <b>Summa:</b> | <b>59875</b>             | <b>3251</b>                                                  | <b>2593</b> | <b>3159</b> | <b>2784</b> | <b>5032</b>   | <b>3347</b> | <b>4826</b>  | <b>4669</b>  |
| 1.—5. Sept.   | 15250                    | 1111                                                         | 834         | 825         | 806         | 1541          | 997         | 1409         | 1262         |
| 6.—10. "      | 15375                    | 594                                                          | 345         | 381         | 345         | 1262          | 442         | 1137         | 975          |
| 11.—15. "     | —                        | —                                                            | —           | —           | —           | —             | —           | —            | —            |
| 16.—20. "     | 44875                    | 2427                                                         | 1527        | 1578        | 1528        | 3645          | 3436        | 3656         | 3622         |
| 21.—25. "     | 16600                    | 448                                                          | 209         | 267         | 337         | 888           | 386         | 770          | 669          |
| 26.—30. "     | 29400                    | 2337                                                         | 1816        | 2133        | 2514        | 3242          | 1666        | 2529         | 3284         |
| <b>Summa:</b> | <b>121500</b>            | <b>6917</b>                                                  | <b>4731</b> | <b>5184</b> | <b>5530</b> | <b>10578</b>  | <b>6967</b> | <b>9501</b>  | <b>9812</b>  |

## Zusammenstellung der Resultate.

|                                |              | 1882.                                      | 1883.                    |           |                          |      |
|--------------------------------|--------------|--------------------------------------------|--------------------------|-----------|--------------------------|------|
| Regenmenge (ccm)               |              | 605380                                     | 621875                   |           |                          |      |
| 1. April bis 30. September.    |              | Oberflächlich abgeführte Wassermenge (ccm) |                          |           |                          |      |
|                                |              | In Summa.                                  | In Proz. der Regenmenge. | In Summa. | In Proz. der Regenmenge. |      |
| Lehm . . . . .                 |              | 86517                                      | 12,64                    | —         | —                        |      |
| Kalksand . . . . .             |              | 71688                                      | 11,84                    | —         | —                        |      |
| Quarzsand . . . . .            |              | 36162                                      | 5,97                     | —         | —                        |      |
| Humoser Kalksand               | Gras         | Neigung: 10° . . . . .                     | 12208                    | 2,02      | 7291                     | 1,17 |
|                                |              | „ 20° . . . . .                            | 19927                    | 3,29      | 13142                    | 2,11 |
|                                | Nackt        | „ 80° . . . . .                            | 23956                    | 3,96      | 29312                    | 4,71 |
|                                |              | Neigung: 10° . . . . .                     | 11443                    | 1,89      | 19345                    | 3,11 |
|                                |              | „ 20° . . . . .                            | 19622                    | 3,27      | 26904                    | 4,65 |
|                                |              | „ 80° . . . . .                            | 29087                    | 4,80      | 40714                    | 6,55 |
| Humoser Kalksand <sup>1)</sup> | Neigung: 15° | Nord . . . . .                             | 26802                    | 4,42      | 33475                    | 5,38 |
|                                |              | Süd . . . . .                              | 18057                    | 2,16      | 24765                    | 3,92 |
|                                |              | Ost . . . . .                              | 18678                    | 3,08      | 25348                    | 4,08 |
|                                | Neigung: 30° | West . . . . .                             | 19699                    | 3,25      | 29849                    | 4,79 |
|                                |              | Nord . . . . .                             | 40983                    | 6,77      | 61140                    | 9,38 |
|                                |              | Süd . . . . .                              | 26966                    | 4,45      | 35523                    | 5,71 |
|                                |              | Ost . . . . .                              | 27802                    | 4,59      | 42096                    | 6,77 |
|                                |              | West . . . . .                             | 46998                    | 7,76      | 58987                    | 9,88 |

Bei näherer Durchsicht dieser Zahlen ergibt sich, abgesehen von einzelnen Abweichungen,

- 1) daß das Regenwasser in um so größeren Mengen über die Bodenoberfläche abgeführt wird, je stärker letztere gegen den Horizont geneigt ist;
- 2) daß bei verschiedener Lage der Hänge gegen die Himmelsrichtung die Nordseiten im Allgemeinen die größten Abflußmengen liefern, dann folgen in absteigendem Grade die westlich, hierauf die östlich exponirten Abdachungen, während von den südlich gelegenen Hängen die geringsten Wassermengen abfließen;
- 3) daß die oberirdisch abgeleiteten Wassermengen um so beträchtlicher sind, je bündiger und feinkörniger der Boden ist, und umgekehrt;

<sup>1)</sup> Im Jahre 1882 war der Boden nackt, im Jahre 1883 mit Erbsen bestellt. Die Aberntung letzterer erfolgte am 5. August. Nach diesem Termin war die Oberfläche des Erdreiches bis zum Schluß des Versuchs ebenfalls nackt.

4) daß von der nackten Bodenfläche unter sonst gleichen Verhältnissen mehr Wasser abläuft als von der mit Pflanzen bestandenen.

Auf den ersten Blick mag es befremdlich erscheinen, daß im Großen und Ganzen die oberirdisch abgeführten Wassermengen nicht beträchtlicher waren; indessen muß hierbei berücksichtigt werden, daß die Böden, wengleich dieselben schichtenweise zusammengedrückt und von oben her zusammengepreßt wurden, in Folge ihres krümeligen Zustandes (Lehm, humoser Kalksand) dennoch einen solchen Grad von Lockerheit besaßen, daß der größte Theil des auffallenden Regenwassers in dieselben noch gut einzudringen vermochte. In welchem bedeutenden Maße die Lockerheit des Bodens in bezeichneter Richtung sich von Einfluß erweist, zeigen die bei dem Lehm und humosen Kalksand gemachten Beobachtungen. Im Anfang der Versuche, wo der Lehm noch mehr oder weniger seine krümelige Beschaffenheit hatte, wurde von der Oberfläche eben so viel oder wenig mehr Wasser oberirdisch abgeführt, als von dem leicht durchlässigen Quarzsand; erst später (Juli—September), als der Boden durch den auffallenden Regen mehr zusammengeschlämmt war, machten sich zwischen beiden Bodenarten hinsichtlich der Wasserabfuhr sehr bedeutende Unterschiede bemerklich. Dasselbe gilt auch von dem humosen Kalksandboden, der, ohne eine Bearbeitung erfahren zu haben, vom Frühjahr 1882 bis zum Herbst 1883 allmählich sich verdichtete und dem zu Folge im ersteren Jahre weniger Abflußwasser lieferte als im letzteren, trotzdem demselben in beiden Jahrgängen fast die gleiche Regenmenge zugeführt worden war.

Wenn nun auch bei natürlichem Gefüge, wie solches bei nicht bearbeitetem Boden nach längeren Zeiträumen eintritt, die Werthe für die oberirdische Wasserabfuhr wahrscheinlich größer ausfallen werden als die in vorliegenden Versuchen ermittelten, so schließt dies nicht die Brauchbarkeit letzterer zur Beurtheilung der relativen Unterschiede in vorliegender Frage aus, und somit können die mitgetheilten Zahlen wohl unbedenklich für letzteren Zweck verwerthet werden.

Die oberflächliche Ableitung des Wassers in geneigten Lagen ist nach dem Mitgetheilten abhängig 1) von der Neigung des Terrains gegen den Horizont und gegen die Himmelsrichtung, 2) von der physikalischen Beschaffenheit und 3) von der Bedeckung des Erdreichs.

Dem horizontal gelegenen Lande kommt die gesammte Niederschlagsmenge zu Gute, wenn die Möglichkeit eines seitlichen Abflusses nicht gegeben ist; von der geneigten Bodenfläche fließt dagegen ein größerer oder geringerer Teil des atmosphärischen Wassers nach tiefer gelegenen Stellen ab. Offenbar ist für diese oberirdische Abfuhr, gleiche Niederschlagsmenge vorausgesetzt, die Geschwindigkeit maßgebend, mit der das Wasser in den Boden eindringt, weil nur jene Wassermenge abfließen kann, welche nicht vom Boden aufgenommen wird. In gleicher Weise ist hierbei zu berücksichtigen, daß das Eindringen des Wassers im Allgemeinen mehr oder weniger langsam erfolgt, besonders dann, wenn die obersten Bodenschichten bereits durch vorhergegangenen Regen oder durch kapillares Aufsteigen des Wassers stark durchfeuchtet sind.

In Bezug auf die diesbezüglichen Wirkungen der Neigung des Bodens gegen den Horizont ist nach Vorstehendem die durch Satz 1 präzisirte Gesetzmäßigkeit leicht erklärlich. Ist die obere Bodenschicht feucht, derart, daß das Wasser nur langsam in den Boden einsickert, so läuft der Ueberschuß, der Schwere folgend, mit um so größerer Geschwindigkeit ab und findet dem zu Folge um so weniger Zeit, in den Boden einzudringen, je steiler der Hang ist. Die bezüglichen Unterschiede treten, wie die mitgetheilten Zahlen hinlänglich darthun, in um so stärkerem Grade auf, je ergiebiger die Niederschlagsmenge ist. Bei geringer atmosphärischer Zufuhr nähern sich die betreffenden Werthe, weil das Wasser eher Gelegenheit findet, in den Boden einzudringen. Bei vorausgegangener Trockenheit kommt noch der Umstand mit in Betracht, daß die oberen Bodenschichten um so mehr austrocknen und demgemäß um so größere Wassermengen zu ihrer Durchfeuchtung in Anspruch nehmen, je größer der Neigungswinkel ist<sup>1)</sup>.

Zur Erklärung der durch die Lage des Bodens gegen die Himmelsrichtung hervorgerufenen Unterschiede in der oberirdischen Wasserabfuhr sind einerseits die verschiedenen Feuchtigkeitsverhältnisse der betreffenden Flächen, andererseits wohl auch die Richtung, in welcher das Niederschlagswasser zugeführt wird, belangreich. Ersteren Punkt anlangend, so macht sich eine ziemliche Uebereinstimmung zwischen der Bodenfeuchtigkeit, welche hauptsächlich durch die Erwärmung des Erdreiches

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. IX. 1886. S. 3.



und durch die Windrichtung bedingt ist<sup>1)</sup>, und den abfließenden Wassermengen bemerkbar. Die Nordseiten, deren Boden sich am feuchtesten erhält, liefert die größten Wassermengen bei der Abfuhr, während von den südlich exponirten Flächen, deren Erdreich am trockensten ist, die geringsten Wassermengen abfließen. Die Ostseiten, welche gemeinhin trockener erscheinen als die Westseiten, lassen wiederum weniger Wasser absickern als letztere. Die Koinzidenz zwischen Bodenfeuchtigkeit und Wasserabfluß an der Oberfläche des Bodens läßt sich zunächst ungezwungen darauf zurückführen, daß um so größere Mengen des atmosphärischen Wassers zur Wiederaufeuchtung des Bodens verbraucht werden, je trockener derselbe ist. Nebenher mag auch der Winkel, unter welchem das atmosphärische Wasser auf den Boden fällt, für die Unterschiede in dem Wasserabfluß bei verschieden exponirten Flächen mitbedingend sein. Indem die Regen unter vorliegenden Verhältnissen hauptsächlich durch westliche und nördliche Winde herbeigeführt werden, sind die westlich und nördlich gelegenen Abdachungen mehr dem Regen ausgesetzt als die südlichen und östlichen Hänge. Diese erhalten nur vorübergehend den Regen direkt, besonders die Ostseiten, und in diesen Fällen liefern sie mehr oberirdisches Abwasser als die vorbezeichneten Flächen (siehe die Tabellen).

Die physikalische Beschaffenheit des Erdreiches hat, wie die mitgetheilten Zahlen zeigen, einen ausgesprochenen Einfluß auf die oberflächlich abgeleiteten Wassermengen in geneigten Lagen. Böden, welche, wie der Lehm, das Wasser nur langsam abwärts leiten, oder welche, wie der feinkörnige reine (Isar-) Kalksand sich wegen günstiger kapillarer Leitungsverhältnisse bis zur Oberfläche meist in einem feuchten, und zugleich festen Zustande erhalten, lassen die größten Wassermengen nach tiefer gelegenen Stellen oberflächlich absickern, während in Böden von lockerer Beschaffenheit und gröberem Korn (humoser Kalksand, Quarzsand), in welche das Regenwasser leicht eindringt, die betreffenden Wassermengen gering ausfallen. Am ergiebigsten dürfte die oberirdische Wasserabfuhr sich in dem Falle gestalten, wo der Boden gefroren ist und sich auf demselben eine schmelzende Schneedecke befindet oder größere Regenmengen auffallen.

Sobald sich dem von der geneigten Fläche abfließenden Wasser Hindernisse entgegenstellen, wie solche durch die oberirdischen Organe

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. X. 1887. S. 3.

der Pflanzen hervorgerufen werden, wird die Geschwindigkeit des über die Bodenfläche sich fortbewegenden Wassers vermindert und der Einsickerung desselben in den Boden Vorschub geleistet. Hierdurch lassen sich die in vorstehenden Versuchen zwischen dem bewachsenen und nackten Erdreich hervorgetretenen Unterschiede (Satz 4) erklären, allerdings unter gleichzeitiger Berücksichtigung des Umstandes, daß die Pflanzendecke, besonders bei schwachen Niederschlägen, einen Theil des Niederschlagswassers zurückhält und durch Verdunstung wieder an die Atmosphäre abgibt. Die bezüglich der Wasserabfuhr in geneigten Lagen zwischen dem bepflanzen und nicht bedeckten Boden bestehenden Unterschiede würden jedenfalls noch größer sein, wenn das mit Wurzeln reichlich versehene Grasland auf der anderen Seite dem Einsinken des Wassers nicht einen gewissen, unter Umständen beträchtlichen Widerstand entgegensetzen würde.

In höherem Grade, als durch eine Grasdecke, wird das oberirdische Abströmen des Wassers durch Waldbäume erschwert, und zwar dadurch, daß die Kronen derselben dem auffallenden Regenwasser einen größeren Widerstand bieten und letzteres in Folge dessen zu langsamerem Abtropfen auf den Boden veranlassen als die oberirdischen Organe der Gräser und ähnlicher niedrig wachsender Pflanzen. Dazu kommt, daß die Versickerung des Wassers in dem unangetasteten Walde leichter von Statten geht, als in dem mehr oder weniger festgelagerten Grasboden, indem die dort vorhandene Streudecke das von den Kronen niederträufelnde Wasser leicht aufnimmt und langsam in die Tiefe leitet.

### ***B. Das Verhalten der Pflanzen- und Streudecke zu den atmosphärischen Niederschlägen.***

In dieser Versuchsreihe wurden verschiedene Gewächse bei verschieden dichtem Stande auf Parzellen von 4 qm Fläche im Quadratverbände angebaut. Um die Pflanzen zu möglichst vollkommener Entwicklung zu bringen, war der Boden mittelst künstlichen Düngers mit reichlichen Mengen von Pflanzennährstoffen versehen worden. Nachdem die Pflanzen sich soweit entwickelt hatten, daß sie den Boden gut beschatteten, wurde Ende Juli in der Mitte einer jeden Parzelle ein kleiner kastenförmiger Regenmesser von 25 cm Länge und 10 cm Breite in den Boden bis zur Auffangfläche versenkt und ein eben solcher Apparat

in der gleichen Weise auf einer brachliegenden Parzelle angebracht. An jedem Regentage wurden Abends die Regenmesser entleert und die darin gehaltenen Wassermengen gemessen.

Der Mais (Pferdezahmais), die Sojabohne, Wicke, Lupine (weiße), Ackerbohne, der Hafer (Späthafer) vegetirten bis zu Ende des Versuchs (25. Sept.), während die Erbse und der Rothklee bereits am 20. August geerntet wurden. Sämmtliche Pflanzen entwickelten sich verhältnißmäßig sehr üppig.

Die am 1. Juli begonnenen Wassermessungen lieferten folgende Ergebnisse.

1880.

| Datum.                                     | Aufgefangene Wassermengen in ccm pro 250 qcm Fläche |      |      |      |                        |      |      |      |              |      |      |      |      | Nackt. |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------|------|------|------------------------|------|------|------|--------------|------|------|------|------|--------|
|                                            | unter Mais.                                         |      |      |      | unter Soja-<br>bohnen. |      |      |      | unter Hafer. |      |      |      |      |        |
| Zahl der Pflanzen<br>pro 4 qm:             | 86                                                  | 64   | 100  | 144  | 36                     | 64   | 100  | 144  | 64           | 100  | 144  | 196  |      |        |
| 1.—5. Juli                                 | 2060                                                | 2035 | 2050 | 1980 | 2180                   | 2045 | 2000 | 2080 | 2035         | 2090 | 2020 | 1920 | 2140 |        |
| 6.—10. "                                   | 670                                                 | 545  | 580  | 510  | 810                    | 690  | 675  | 520  | 680          | 650  | 650  | 610  | 760  |        |
| 11.—15. "                                  | 265                                                 | 220  | 210  | 170  | 300                    | 295  | 290  | 205  | 280          | 260  | 300  | 260  | 300  |        |
| 16.—20. "                                  | 282                                                 | 239  | 256  | 145  | 349                    | 348  | 355  | 283  | 314          | 318  | 286  | 348  | 370  |        |
| 21.—25. "                                  | 294                                                 | 276  | 296  | 144  | 492                    | 436  | 258  | 276  | 352          | 390  | 448  | 376  | 470  |        |
| 26.—31. "                                  | 104                                                 | 176  | 122  | —    | 302                    | 258  | 286  | 262  | 216          | 210  | 224  | 209  | 324  |        |
| Summa:                                     | 3625                                                | 3491 | 3514 | 2949 | 4383                   | 4072 | 3364 | 3626 | 3877         | 3918 | 3928 | 3723 | 4364 |        |
| 1.—5. Aug.                                 | 236                                                 | 206  | 228  | —    | 450                    | 372  | 384  | 294  | 288          | 320  | 336  | 304  | 491  |        |
| 6.—10. "                                   | 260                                                 | 280  | 195  | 16   | 672                    | 488  | 346  | 316  | 440          | 448  | 492  | 530  | 854  |        |
| 11.—15. "                                  | 146                                                 | 161  | 134  | 132  | 530                    | 494  | 384  | 314  | 530          | 527  | 560  | 594  | 996  |        |
| 16.—20. "                                  | 62                                                  | 48   | 70   | —    | 232                    | 226  | 136  | 340  | 139          | 132  | 178  | 169  | 224  |        |
| 21.—25. "                                  | 1040                                                | 1036 | 828  | 890  | 1314                   | 970  | 750  | 602  | 903          | 851  | 874  | 842  | 1326 |        |
| 26.—31. "                                  | 74                                                  | 81   | 62   | 60   | 39                     | 24   | 32   | 40   | 82           | 78   | 74   | 48   | 68   |        |
| Summa:                                     | 1818                                                | 1812 | 1517 | 1098 | 3237                   | 2574 | 1982 | 1906 | 2382         | 2356 | 2514 | 2487 | 3959 |        |
| 1.—5. Sept.                                | 118                                                 | 43   | 92   | 103  | 204                    | 248  | 90   | 94   | 250          | 222  | 220  | 198  | 310  |        |
| 6.—10. "                                   | —                                                   | —    | —    | —    | 36                     | —    | 28   | 16   | 12           | 22   | 10   | 10   | 14   |        |
| 11.—15. "                                  | 64                                                  | —    | 12   | —    | 48                     | 50   | 22   | 60   | 70           | 72   | 78   | 70   | 70   |        |
| 16.—20. "                                  | 446                                                 | 470  | 405  | 162  | 440                    | 490  | 425  | 430  | 930          | 930  | 836  | 625  | 950  |        |
| 21.—25. "                                  | 189                                                 | 218  | 132  | 116  | 439                    | 340  | 143  | 263  | 288          | 274  | 270  | 305  | 278  |        |
| Summa:                                     | 817                                                 | 731  | 641  | 331  | 1167                   | 1128 | 708  | 863  | 1550         | 1520 | 1414 | 1208 | 1622 |        |
| Gesamtresultat:                            |                                                     |      |      |      |                        |      |      |      |              |      |      |      |      |        |
| Vom I./VII. bis<br>25./IX.                 | 6260                                                | 6034 | 5672 | 4428 | 8787                   | 7774 | 6554 | 6395 | 7809         | 7794 | 7856 | 7418 | 9945 |        |
| In Prozenten der gefallenen Niederschläge: |                                                     |      |      |      |                        |      |      |      |              |      |      |      |      |        |
|                                            | 62,9                                                | 60,7 | 57,0 | 44,5 | 88,4                   | 78,2 | 65,9 | 64,3 | 78,5         | 78,4 | 78,9 | 74,6 | 100  |        |

| Datum.                      | Aufgefangene Wassermengen in ccm pro 250 qcm Fläche |               |                |               |                 |        |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------|---------------|----------------|---------------|-----------------|--------|
|                             | unter Wicken.                                       | unter Bohnen. | unter Lupinen. | unter Erbsen. | unter Rothklee. | Nackt. |
| Zahl der Pflanzen pro 4 qm: | 100                                                 | 100           | 100            | 100           | breitwürfig.    |        |
| 1.— 5. Juli                 | 1980                                                | 1560          | 1765           | 2145          | 1210            | 2140   |
| 6.—10. "                    | 660                                                 | 520           | 550            | 620           | 430             | 760    |
| 11.—15. "                   | 290                                                 | 190           | 240            | 270           | 200             | 300    |
| 16.—20. "                   | 310                                                 | 348           | 288            | 329           | 202             | 370    |
| 21.—25. "                   | 440                                                 | 430           | 362            | 332           | 328             | 470    |
| 26.—31. "                   | 172                                                 | 242           | 190            | 232           | 240             | 324    |
| Summa:                      | 3852                                                | 3290          | 3395           | 3928          | 2610            | 4364   |
| 1.— 5. Aug.                 | 287                                                 | 366           | 230            | 406           | 312             | 491    |
| 6.—10. "                    | 496                                                 | 686           | 213            | 720           | 490             | 854    |
| 11.—15. "                   | 710                                                 | 808           | 348            | 901           | 737             | 996    |
| 16.—20. "                   | 126                                                 | 198           | 140            | 132           | 98              | 224    |
| 21.—25. "                   | 1115                                                | 1034          | 721            | (2159)        | (1657)          | 1326   |
| 26.—31. "                   | 70                                                  | 65            | 34             |               |                 | 68     |
| Summa:                      | 2904                                                | 3157          | 1686           | —             | —               | 3959   |
| 1.— 5. Sept.                | 100                                                 | 120           | 88             | —             | —               | 310    |
| 6.—10. "                    | 16                                                  | 6             | 8              | —             | —               | 14     |
| 11.—15. "                   | 30                                                  | 40            | 38             | —             | —               | 70     |
| 16.—20. "                   | 685                                                 | 745           | 390            | —             | —               | 950    |
| 21.—25. "                   | 277                                                 | 142           | 156            | —             | —               | 278    |
| Summa:                      | 1108                                                | 1053          | 680            | —             | —               | 1622   |

## Gesamtresultat:

|                       |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|
| Vom 1./VII.—25./IX.   | 7764 | 7500 | 5761 | —    | —    | 9945 |
| Vom 1./VII.—20./VIII. | —    | —    | —    | 6087 | 4247 | 6929 |

## In Prozenten der gefallenen Regenmenge:

|  |      |      |      |      |      |     |
|--|------|------|------|------|------|-----|
|  | 78,1 | 75,4 | 57,9 | —    | —    | 100 |
|  | —    | —    | —    | 87,8 | 61,3 | 100 |

Bei Zusammenstellung der Resultate bei den bei gleicher Standdichte angebauten Gewächsen (100 Pflanzen pro 4 qm) ergeben sich folgende Verhältnisse:

| Regenmenge           | Nackt. | Mais. | Soja-<br>bohnen. | Hafer. | Wicken. | Bohnen. | Lupinen. |
|----------------------|--------|-------|------------------|--------|---------|---------|----------|
| unter den Pflanzen:  | 9945   | 5672  | 6554             | 7794   | 7764    | 7500    | 5761     |
| Prozente der ge-     |        |       |                  |        |         |         |          |
| fallenen Regenmenge: | 100    | 57,0  | 65,9             | 78,4   | 78,1    | 75,4    | 57,9     |
| Durchschnitt:        | 68,8.  |       |                  |        |         |         |          |

Aus den vorstehenden Zahlen folgt,

- 1) daß dem Boden zwischen den Pflanzen bei dichtem Stande von der gefallenen Regenmenge ca. 31% weniger zugeführt wurden als dem nicht bedeckten Boden;
- 2) daß die Pflanzendecke um so größere Wassermengen von dem Niederschlage zurückbehält, je enger die Pflanzen angebaut waren.

Zu ähnlichen Resultaten gelangte *E. Ebermayer*<sup>1)</sup> in seinen Untersuchungen über die Regenmengen in den Wäldern im Vergleich zu nicht bewaldeten Flächen. Auf je 100% im freien gefallenes Regen- und Schneewasser kamen im vierjährigen Mittel (1868—1871) im Walde:

| Stationen     | Frühling. | Sommer. | Herbst. | Winter. |
|---------------|-----------|---------|---------|---------|
| Duschlberg    | 68        | 73      | 79      | 71      |
| Seeshaupt     | 67        | 68      | 73      | 77      |
| Promenhof     | 43        | 64      | 57      | 72      |
| Rohrbrunn     | 83        | 80      | 82      | 86      |
| Johanneskreuz | 79        | 84      | 79      | 75      |
| Ebrach        | 70        | 67      | 73      | 81      |
| Altenfurth    | 64        | 69      | 68      | 62      |
| Mittel:       | 68        | 72      | 73      | 75.     |

Demnach wurden durch die Krone der Bäume durchschnittlich 28% der wässerigen Niederschläge aufgefangen und zurückgehalten.

In Bezug auf die aus den mitgetheilten Zahlen abzuleitenden Schlußfolgerungen bleibt vor Allem zu berücksichtigen, daß aus denselben nur diejenige Wassermenge ersichtlich ist, welche der Boden zwischen den Pflanzen empfängt<sup>2)</sup>, daß aber in Wirklichkeit der ge-

<sup>1)</sup> *E. Ebermayer*. Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden. Berlin. 1873.

<sup>2)</sup> In den Versuchen *Ebermayer's* standen die Regenmesser, wie in jenen des Verf., zwischen den Pflanzen.

schilderte Verlust, den der bepflanzte Boden gegenüber dem nackten erfährt, insofern geringer ist, als an den Stengeln, resp. Stämmen der Pflanzen ein Theil des atmosphärischen Wassers abgeführt wird, welcher natürlich nicht in die Regenmesser gelangt. Die Ermittlung dieser Regenmengen bietet bei den krautartigen (landwirthschaftlichen) Gewächsen, wie leicht begreiflich, unüberwindliche Schwierigkeiten, dagegen kann bei Waldbäumen mit Hilfe geeigneter Vorrichtungen ein Einblick in diese Verhältnisse gewonnen werden.

Ueber die Gesammtmenge von Niederschlag, die unter einem Baume auf den Boden gelangt, hat *A. Matthieu*<sup>1)</sup> Beobachtungen gemacht. Derselbe stellte auf der Station Cinq-Tranchées (bei Nancy) einen Regenmesser von besonderer Konstruktion auf. Durch die Mitte des Auffanggefäßes, dessen Oberfläche genau der Projektion der Krone eines Baumes entsprach, ging der Stamm des letzteren hindurch. Durch diese Vorrichtung beabsichtigte man, die Wirksamkeit der Blätter auf die Zurückhaltung des Regens möglichst vollkommen herzustellen, da bei anderer Aufstellung des Regenmessers offene Stellen in dem Baumlaub einen Fehler in der Beobachtung herbeizuführen vermögen.

Die Regenmessungen ergaben nun im elfjährigen Durchschnitt

|                       |           |
|-----------------------|-----------|
| außerhalb des Waldes: | 801,5 mm, |
| innerhalb „ „         | 733,3 „.  |

Hiernach empfing der Waldboden im Durchschnitt 91,5<sup>0</sup>/<sub>0</sub> des atmosphärischen Wassers; 8,5<sup>0</sup>/<sub>0</sub> waren demnach von der Baumkrone zurückgehalten. Diese Zahlen erleiden selbstverständlich eine Modifikation, je nachdem die Bäume beblättert sind oder nicht. Während der sechs Monate vom November bis April empfing der Waldboden 94,16<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, während der übrigen Jahreszeit, in welcher der Baum beblättert war, nur 89<sup>0</sup>/<sub>0</sub> der atmosphärischen Niederschläge. Der Baum hat demnach von letzteren im Winter 5,84<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, im Sommer 11<sup>0</sup>/<sub>0</sub> zurückbehalten.

Da dieser vereinzelte Versuch kein Urtheil über die Theilbeträge gestattet, welche bei verschiedenen Baumarten am Stamme herabfließen, so hat *W. Riegler*<sup>2)</sup> diese Versuche wieder aufgenommen. Um sowohl die gesammte auf den Waldboden unter verschiedenen Baumgattungen

<sup>1)</sup> *A. Matthieu. Météorologie comparée agricole et forestière. Paris. 1873.*

<sup>2)</sup> Mittheilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Oesterreichs. Von *A. von Seckendorff. II. Bd. II. Heft. S. 234. Wien. 1879.*

zum Boden gelangende Niederschlagsmenge, als auch den Wasserantheil zu bestimmen, den bei verschiedenen Bäumen der Stamm liefert, wurden im forstbotanischen Garten zu Mariabrunn Bäume verschiedener Beastungstypen ausgewählt und ihren Stämmen in Brusthöhe enge, rinnenartige Krägen von Zinkblech umgelegt, welche, gegen eine Seite leicht gesenkt und durch Drahtstifte und Kitt dicht an die Borke anschließend befestigt, die an den Stämmen ablaufenden Wassermengen in untergestellte, größere Gefäße zu sammeln hatten. Unter jedem der für die Beobachtungen benutzten Bäume waren überdies zwei bis drei Regenmesser aufgestellt, welche, unter verschieden dicht geschlossenen Belaubungsverhältnissen exponirt, mitbeobachtet wurden. Die während der Beobachtungszeit gefallenen Niederschläge wurden an zwei in der Nähe vollkommen frei aufgestellten Regenmessern beobachtet. In solcher Weise wurden vier der Art und ihrem Wuchse nach geeignete Bäume für die Beobachtungen vorbereitet, nämlich

|                    |         |    |              |     |        |
|--------------------|---------|----|--------------|-----|--------|
| eine Rothbuche mit | 64,75   | qm | Schirmfläche | der | Krone, |
| „ Eiche            | „ 60,26 | „  | „            | „   | „      |
| ein Ahorn          | „ 91,61 | „  | „            | „   | „      |
| eine Fichte        | „ 29,90 | „  | „            | „   | „      |

Bei ersteren drei Bäumen waren alle Aeste schräg aufwärts gerichtet, bei der Fichte waren dieselben stark hängend.

An diesen Bäumen wurden vollständig exakte Beobachtungen nur in der Zeit vom 15. April bis 15. Juli 1879, also nur während drei Monaten durchgeführt.

Die Beobachtungsergebnisse sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

| Baumart. | Regen auf die Krone.<br>Liter. | Davon gelangten durch die Krone auf den Boden.<br>Liter. | Am Stamme abgeführt.<br>Liter. | Auf den Boden gelangten in Summa.<br>Liter. | Dem Boden gingen durch Verdunstung verloren.<br>% | Es gelangten % des auf die Krone gefallenen Wassers zum Boden |                                                     |
|----------|--------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|          |                                |                                                          |                                |                                             |                                                   | ohne Einrechnung d. am Stamme abgeflossenen Wassers.          | mit Einrechnung d. am Stamme abgeflossenen Wassers. |
| Buche    | 26081                          | 17068                                                    | 3343                           | 20411                                       | 21,8                                              | 65,4                                                          | 78,2                                                |
| Eiche    | 24273                          | 17873                                                    | 1387                           | 19260                                       | 20,7                                              | 73,6                                                          | 79,3                                                |
| Ahorn    | 36901                          | 26384                                                    | 2198                           | 28582                                       | 22,5                                              | 71,3                                                          | 77,5                                                |
| Fichte   | 12044                          | 4793                                                     | 165                            | 4958                                        | 58,8                                              | 39,8                                                          | 41,2                                                |

Während bei der Buche bei 32 Einzelregen 25mal Wasser am Stamme zum Abrinnen kam, geschah dies bei der Eiche nur 16 mal und

bei dem Ahorn nur 15mal, bei der Fichte, an welcher das Wasser naturgemäß leichter an den herabhängenden Aesten als am Stamme abfließen konnte, wurde es nur in neun Fällen auch in der letzteren Weise zu Boden geführt, und hat sich die Vermuthung, daß diese Aeste gelegentlich jedes stärkeren Regens der Anlaß zu Traufen werden, durch den Augenschein wiederholt bestätigt. Da die von den Aesten geführten beträchtlichen Wasserquantitäten nicht in die Rechnung mit einbezogen werden konnten, so ist die Bilanz für die Fichte unrichtig. Aus diesem Grund sind die für diesen Baum ermittelten Werthe in den Tabellen weiter unten fortgelassen worden.

Von den während der Beobachtungszeit gefallenen Einzelregen sollen noch vier des Näheren besprochen werden. Bei dem ausgiebigen Regen vom 10.—12. Mai (77,5 mm) waren die Blattknospen der Eiche noch geschlossen, von den Knospen der Buche erst die Tegumente abgeworfen, während der Ahorn schon halbgeöffnete Blätter angesetzt hatte. Zur Zeit des Landregens am 14. Juni (52,6 mm) waren die Bäume selbstredend beblättert. Der Regen vom 15. Juli (29,7 mm) fiel mehrstündig während eines Gewitters. Der Regen vom 9. Juni (17,6 mm) ging in der Nacht zum 10. wolkenbruchartig nieder und war von kurzer Dauer.

Folgende Tabellen enthalten die betreffenden Aufzeichnungen:

| Datum.       | Baumart. | Regen auf die Krone.<br>Liter. | Davon gelangten durch die Krone auf den Boden.<br>Liter. | Am Stamme abgeführt.<br>Liter. | Auf den Boden gelangten in Summa.<br>Liter. | Dem Boden gingen durch Verdunstung verloren.<br>% | Es gelangten % des auf die Krone gefallenen Wassers zum Boden |                                                     |
|--------------|----------|--------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|              |          |                                |                                                          |                                |                                             |                                                   | ohne Einrechnung d. am Stamme abgeflossenen Wassers.          | mit Einrechnung d. am Stamme abgeflossenen Wassers. |
| 10.-12. Mai. | Buche    | 5018                           | 3786                                                     | 1200                           | 4936                                        | 82                                                | 74,5                                                          | 98,4                                                |
|              | Eiche    | 4670                           | 4116                                                     | 550                            | 4666                                        | 4                                                 | 88,1                                                          | 99,9                                                |
|              | Ahorn    | 8000                           | 6404                                                     | 1050                           | 7454                                        | 546                                               | 90,1                                                          | 93,2                                                |
| 14. Juni.    | Buche    | 3406                           | 1839                                                     | 260                            | 2099                                        | 1307                                              | 54,0                                                          | 61,6                                                |
|              | Eiche    | 3170                           | 1983                                                     | 200                            | 2183                                        | 987                                               | 62,5                                                          | 68,9                                                |
|              | Ahorn    | 4819                           | 3142                                                     | 200                            | 3342                                        | 1477                                              | 65,2                                                          | 69,4                                                |
| 15. Juli.    | Buche    | 1923                           | 939                                                      | 260                            | 1199                                        | 724                                               | 48,8                                                          | 62,4                                                |
|              | Eiche    | 1790                           | 1416                                                     | 150                            | 1566                                        | 224                                               | 79,1                                                          | 87,5                                                |
|              | Ahorn    | 2721                           | 2125                                                     | 180                            | 2305                                        | 416                                               | 78,1                                                          | 84,7                                                |
| 9. Juni.     | Buche    | 1140                           | 919                                                      | 50                             | 969                                         | 171                                               | 80,7                                                          | 85,0                                                |
|              | Eiche    | 1061                           | 910                                                      | 36                             | 946                                         | 115                                               | 85,8                                                          | 89,2                                                |
|              | Ahorn    | 1612                           | 1292                                                     | 30                             | 1322                                        | 290                                               | 80,1                                                          | 82,0                                                |



Während bei dem Regenfalle vom 12. Mai die Baumkronen ganz unbedeutende Wassermengen durch Verdunstung konsumirten, verschwanden bei dem Regenfall vom 14. Juni beträchtlich größere Mengen, welche nur durch Verdunstung verloren gegangen sein können. Bei dem Regen vom 15. Juli gelangte bei der Buche relativ wenig zum Boden, während bei Eiche und Ahorn bedeutend höhere Prozentsätze durch die Kronen drangen als bei dem vorhin besprochenen feinvertheilteren Niederschlage. Trotz der kurzen Dauer dieses Regens wurden doch 6,6—13,6% des auf die Krone gefallenen Wassers an den Stämmen abgeführt. Daß gelegentlich besonders wuchtiger Regen mehr als 80% des Wassers durch die belaubten Kronen dringen können, zeigt der Regen vom 9. Juni.

Ogleich die Dauer dieser Beobachtungen nicht ausreichend war, um unanfechtbare Zifferresultate zu gewinnen, so beweisen sie doch, im Zusammenhalt mit jenen *Mathieu's*, daß an den Kronen der Bäume, und namentlich der unbelaubten Bäume, weit weniger Regen hängen bleibt, als man bisher geglaubt hat, und daß namentlich die Abfuhr längs der Stämme jedenfalls so beträchtlich ist, daß sie mit in Rechnung gezogen werden muß.

Es dürfte wohl keinem Zweifel unterliegen, daß auch bei den landwirtschaftlichen Nutzpflanzen ein Theil des Regens an den Stengeln der Pflanzen abfließt und daß demgemäß die Gesamtmenge des dem Lande zu Gute kommenden Regenwassers in Wirklichkeit größer sein wird, als in den Versuchen des Referenten ermittelt wurde. So wird sicherlich bei dem Mais ein Theil des Regenwassers durch die stark schräg nach aufwärts gerichteten Blätter dem Halm zugeführt, an welchem es abwärts geleitet oder in gewissen Mengen in den Blattscheiden aufgehalten wird. Aehnliche Verhältnisse werden auch bei anderen landwirtschaftlichen Nutzpflanzen bestehen und so dürfte die Annahme gerechtfertigt sein, daß auch bei diesen gewisse Mengen des Niederschlagswassers am Stengel abgeführt werden.

Im Uebrigen läßt sich aus den mitgetheilten Daten die Schlußfolgerung ableiten, daß die von der Pflanzendecke zurückgehaltenen und für die Durchfeuchtung des Bodens verloren gehenden Wassermengen je nach Umständen sehr verschieden ausfallen werden. In Bezug auf letztere kommt sowohl der Entwicklungsgrad der oberirdischen Organe, die Ständdichte und die Vegetationsdauer der Pflanzen, die Stellung, sowie

die Beschaffenheit der Blätter, als auch die Vertheilung der atmosphärischen Niederschläge in Betracht.

Im jugendlichen Zustande der Pflanzen wird nur ein kleiner Theil des gefallenen Regens von den oberirdischen Organen zurückgehalten, weil diese noch wenig entwickelt und die Lücken zwischen den einzelnen Individuen, durch welche das Niederschlagswasser direkt zum Boden gelangen kann, verhältnißmäßig groß sind. In dem Maße, als das Laub mit fortschreitender Entwicklung der Pflanze eine dichtere Decke über den Boden bildet, nimmt die zurückgehaltene Wassermenge unter sonst gleichen Verhältnissen bis gegen die Reife hin zu, wo dieselbe sich in Folge des Blattabfalles wiederum vermindert. Bei einer und derselben Pflanze ist weiters die Zahl der auf die Flächeneinheit entfallenden Blätter, sowie deren Entwicklung für die Wassermenge maßgebend, welche dem Boden zu Gute kommt. Je kräftiger sich die Pflanzen bei gleicher Standdichte entwickelt haben und je enger dieselben angebaut wurden, in um so höherem Grade wird das Regenwasser durch die oberirdischen Organe zurückgehalten und umgekehrt. (Vergl. die Tabellen.) Bei den Laubbäumen erweist sich überdies der Umstand, ob dieselben belaubt oder nicht belaubt sind, in bezeichneter Richtung von Einfluß, wie aus den zitierten Versuchen *Riegler's* deutlich hervorgeht.

Die Gesamtmenge des dem Boden zugeführten Wassers wird außer von vorstehend bezeichneten Einflüssen auch von der Vegetationsdauer der Gewächse beherrscht. Bei dem Anbau solcher Pflanzen, welche zeitig das Feld räumen und nach deren Aberntung das Land bis zum Anbau der nächsten Frucht längere oder kürzere Zeit brach liegt, geht selbstredend für die Durchfeuchtung der Vegetationsschicht weniger Wasser verloren als in dem Falle, wo die Brachezeit abgekürzt ist oder die Gewächse sich dauernd in einem vegetativen Zustande befinden.

Hinsichtlich der Einwirkung der Stellung und Oberflächenbeschaffenheit der Blätter auf die von denselben festgehaltenen Regenmengen dürfte die Annahme gerechtfertigt erscheinen, daß bei horizontaler Stellung, sowie bei rauher und behaarter Oberfläche dieser Organe, die Wasserzufuhr zum Boden in höherem Maße vermindert wird als in dem Falle, wo dieselben schräg gestellt sind oder eine glatte Oberfläche besitzen.

Dafür, daß auch die Vertheilung des Niederschlages auf die Menge des die Pflanzendecke durchdringenden Regenwassers von Einfluß ist, ergibt

sich sowohl aus den Beobachtungen *Riegler's*, wie auch aus jenen des Referenten. Ergiebige Niederschläge gelangen durch das Laub der Gewächse fast vollständig zum Boden, einerseits weil die Kraft, mit welcher die Regentropfen niederfallen, die entgegenstehenden Widerstände leicht überwindet, andererseits insofern, als die Menge des von den Blättern festgehaltenen Wassers im Vergleich zu der zugeführten verhältnißmäßig sehr gering ist. Schwache Regen, selbst solche von längerer Dauer, tragen dagegen weit weniger zur Durchfeuchtung des Erdreichs bei, weil das niederfallende Wasser wegen der feinen Vertheilung nicht allein in größeren Quantitäten an den Blättern haften bleibt, sondern auch in mehr oder weniger beträchtlichem Umfange durch Verdunstung wieder verloren geht. Wenn kleinen Niederschlägen insofern eine nützliche Wirkung zugeschrieben werden muß, als die Pflanzen, so lange deren Blätter mit einer Wasserschicht bedeckt sind, keinen oder nur einen geringen Transpirationsverlust erleiden und auf diese Weise der Wasservorrath im Boden geschont wird, so wird doch dieser bei trockener Beschaffenheit des Erdreichs belangreiche Vortheil später dadurch wieder beseitigt, daß die Verdunstung nach dem Aufhören der Benetzung wesentlich verstärkt ist. Diese Erscheinung hat ihren Grund in einem Quellungs- zustand der von Außen mit dem Wasser in Berührung kommenden Zell- membran, wodurch die Transpirationswiderstände verringert werden <sup>1)</sup>.

Für die Menge der am Stamme ablaufenden Wassermengen ist hauptsächlich die Stellung der Zweige von hervorragender Bedeutung. Es lassen sich in Bezug hierauf zwei von einander unterschiedene Haupttypen unterscheiden. „Bei dem ersten (A) gehen die Zweige aus dem Stamme schief nach oben, konvergieren also von oben nach unten

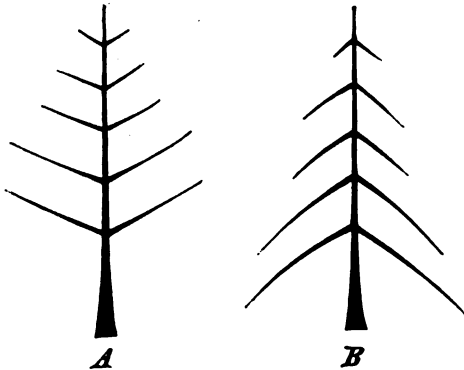


Fig. 3.

<sup>1)</sup> *J. Wiesner*. Ueber das Welken von Blüten und Laubsprossen. Sitzungs- anzeiger der k. k. Akad. d. Wissensch. in Wien. 1882. S. 230—232. — Diese Zeitschrift. Bd. VI. 1883. S. 159.

gegen den Stamm hin, so daß diesem möglichst große Mengen des auf die Zweige und Aeste gefallenen Niederschlagswassers zugeleitet werden; bei dem zweiten (B) treten die Aeste mit einer Richtung schief nach unten aus dem Stamme aus, divergiren also von oben nach unten, und führen daher das an ihnen herablaufende Wasser nicht zum Stamme, sondern lassen es in kleineren oder größeren Entfernungen von diesem und der Hauptmasse nach an der Peripherie der Krone zum Boden gelangen. Da nun in der Regel das Wurzelsystem ein unterirdisches Abbild der Krone ist, und Bäume von ersterem Typus Pfahlwurzeln, vom zweiten Typus hingegen ein ausgebreitetes Nebenwurzelsystem zu haben pflegen, ergibt sich die vom biologischen Standpunkt wichtige Folge, daß die Abtraufe von den Bäumen hauptsächlich dorthin geleitet wird, wo sie vom Wurzelsystem am besten verwerthet werden kann; bei Bäumen mit Pfahlwurzeln fließt sehr viel Wasser längs dem Stamme und dringt in der nächsten Nähe desselben in den Boden zur Pfahlwurzel; bei Bäumen mit ausgebreiteten Nebenwurzeln hingegen trauf das Wasser reichlicher von den Astenden zu den Enden der radial aus einander laufenden Wurzeln. Selbstverständlich bietet die Natur auch zahlreiche Mittelformen, Uebergänge und Kombinationen dieser zwei Haupttypen, und daher auch vielfache Varianten in der Abtraufe des Wassers von Aesten und Stamm; es erscheint aber vorher genügend, jene zwei entgegengesetzten Hauptformen zu betrachten<sup>1)</sup>.“

Dieser Abschnitt wird nicht abgeschlossen werden dürfen, ohne der Frage bezüglich des Verhaltens der Streudecke zu den atmosphärischen Niederschlägen näher zu treten. Die durch Ausbreitung von Stallmist im landwirthschaftlichen Betriebe hergestellte Decke kommt hierbei wohl kaum in Betracht, denn die von dieser zurückgehaltenen Wassermengen sind in Folge der geringen Mächtigkeit der Schicht zweifelsohne vollständig belanglos. Dagegen hat die Frage in forstlicher Beziehung ein großes Interesse in Anspruch zu nehmen in Rücksicht auf die mehr oder weniger starken Lagen von abgestorbenen Pflanzentheilen, die sich auf der Oberfläche des Waldbodens aus den abgefallenen Nadeln und Blättern der Bäume bilden.

*W. Riegler*<sup>2)</sup>, der sich mit Feststellung der Durchlässigkeit der

<sup>1)</sup> *W. Riegler* a. a. O.

<sup>2)</sup> Mittheilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Oesterreichs. Bd. II. Heft II. S. 201.

Moosdecken und der Waldstreu für meteorisches Wasser beschäftigte, fand, daß die Streu im unzersetzten Zustande (vom letzten Laubfall) Wasser außerordentlich leicht durchsickern läßt, ohne davon nennenswerthe Mengen zurückzuhalten, daß dagegen die Materialien sich mehr oder weniger mit Wasser imbibiren, wenn die Verwesung derselben bereits im höheren oder geringeren Grade vorgeschritten ist. In diesem Falle war der Feuchtigkeitsgehalt für die durch die Streu gesickerten Wassermengen maßgebend, indem das Wasser, welches von oben her zugeführt wurde, von der lufttrockenen Streu nur sehr langsam, von dem feuchten Material hingegen in größeren Mengen absorbirt wurde. Die Fähigkeit, Wasser anzusaugen, nahm mit dem Feuchtigkeitsgehalt der Streu und des Moosrasens bis zu einem gewissen Optimum zu.

„Die Erklärung hierfür liegt darin, daß das von trockener Streu erstlich zurückgehaltene Wasser nicht von den mit Luftthüllen umkleideten Streuthelichen selbst aufgenommen, sondern nur so weit zurückgehalten wird, als es sich mechanisch in kapillaren Zwischenräumen und nach abwärts verschlossenen Wegen fortsetzt. Erst später zieht sich das Wasser in das streubildende Material, durch dessen Quellung die Zwischenräume verringert werden, womit von ferner zugeführtem Wasser, weil dieses zu langsamerer Bewegung gezwungen ist, ein relativ größerer Theil absorbirt wird. Die erwähnten Gründe sind Ursache, daß Wasser von leicht durchfeuchteter Streu absorbirt wird denn von trockener, und daß erstere unter Wasser in gleicher Zeit größere Quantitäten davon aufnimmt als letztere. Es geht daraus für natürliche Verhältnisse die Folgerung hervor, daß trockene Streu durchlässiger als feuchte, in ihrer Kapazität nicht gesättigte Streu ist, und daß namentlich die ersten Quantitäten nach langer regenloser Zeit fallender Niederschläge nahezu ungehindert durch Streudecken auf den Boden gelangen.“

„Die Moose, welche sich auch in regenloser Zeit als lebende Organismen nachhaltig einen oberflächlichen Feuchtigkeitsgrad bewahren, sind damit befähigt, auch aus unbedeutenden Niederschlägen Nutzen zu ziehen, wogegen sie dann von ausgiebigen Regen um so mehr auf den Boden gelangen lassen, je weniger sie fortan zu ihrer eigenen Sättigung bedürfen.“

Von Bedeutung für den Prozentsatz des, unabsorbirt, die lufttrockene Streu durchdringenden Wassers ist die Vertheilung und die Geschwin-

digkeit, mit welcher es auf die Streu gelangt. Diesbezügliche Versuche *Riegler's*, in welchen das Wasser entweder in verstäubter Form oder als feiner Strahl zugeführt wurde, lehrten, daß die lufttrockene Streu im ersteren Fall im Allgemeinen weit größere Wassermengen zurückhielt als im letzteren. Schwächere Niederschläge gehen daher leicht für die Durchfeuchtung des unter der trockenen Streu gelegenen Bodens verloren, während starke Regen demselben in einem relativ viel höheren Betrage zu Gute kommen.

Zur Beurtheilung der in Wirklichkeit stattfindenden Vorgänge können an dieser Stelle auch die vom Referenten ermittelten Daten über das Verhalten der Streu- und Moosdecken zum Wasser<sup>1)</sup> herangezogen werden. Die Materialien befanden sich hierbei, fest eingefüllt, in Lysimetern von 400 qcm Querschnitt, und waren allen Witterungseinflüssen ausgesetzt. Unter solchen Verhältnissen wurde demnach nicht die Durchlässigkeit der Streu für Wasser an sich gemessen, wie in den Versuchen *Riegler's*, sondern der Ueberschuß von Wasser, den die Substanz nach ihrer Durchfeuchtung und nach Abzug des von derselben verdunsteten Wassers lieferte. Da diese Bedingungen den natürlichen entsprechen, so sind die gewonnenen Zahlen wohl geeignet, das Verhalten der Streu zum Niederschlag zur Anschauung zu bringen. In der folgenden Tabelle sind die betreffenden Werthe pro (400 qcm) übersichtlich für die Zeit vom 1. April bis 30. September zusammengestellt:

| Streu.        | Mächtigkeit der Streudecke. ccm | 1886.             |                                       | 1887.             |                                       | 1888.             |                                       |
|---------------|---------------------------------|-------------------|---------------------------------------|-------------------|---------------------------------------|-------------------|---------------------------------------|
|               |                                 | Sickerwasser. ccm | Sickerwasser in Proz. der Regenmenge. | Sickerwasser. ccm | Sickerwasser in Proz. der Regenmenge. | Sickerwasser. ccm | Sickerwasser in Proz. der Regenmenge. |
| Regenmenge:   |                                 | 28529             |                                       | 18652             |                                       | 82919             |                                       |
| Eichenlaub    | 5                               | 17591             | 61,7                                  | 7894              | 42,5                                  | 21142             | 64,2                                  |
| "             | 10                              | 19482             | 68,3                                  | 7358              | 39,6                                  | —                 | —                                     |
| "             | 20                              | 21160             | 74,2                                  | 12954             | 69,8                                  | —                 | —                                     |
| "             | 30                              | 21061             | 73,8                                  | 13272             | 71,5                                  | —                 | —                                     |
| Buchenlaub    | 5                               | —                 | —                                     | —                 | —                                     | 20994             | 68,8                                  |
| "             | 30                              | 21054             | 73,8                                  | 13574             | 72,6                                  | —                 | —                                     |
| Fichtennadeln | 5                               | 17793             | 62,4                                  | 8653              | 46,6                                  | 23804             | 72,3                                  |
| "             | 10                              | 19278             | 67,6                                  | 7356              | 39,6                                  | —                 | —                                     |
| "             | 20                              | 19523             | 68,4                                  | 14611             | 78,7                                  | —                 | —                                     |
| "             | 30                              | 19467             | 68,2                                  | 13912             | 74,9                                  | —                 | —                                     |

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. B. X. 1887. S. 437 u. 438 u. Bd. XIII. 1889. S. 139 u. 140.

| Streu.       | Mächtigkeit der Streudecke. ccm | 1886.             |                                       | 1887.             |                                       | 1888.             |                                       |
|--------------|---------------------------------|-------------------|---------------------------------------|-------------------|---------------------------------------|-------------------|---------------------------------------|
|              |                                 | Sickerwasser. ccm | Sickerwasser in Proz. der Regenmenge. | Sickerwasser. ccm | Sickerwasser in Proz. der Regenmenge. | Sickerwasser. ccm | Sickerwasser in Proz. der Regenmenge. |
| Regenmenge:  |                                 | 28529             |                                       | 18652             |                                       | 32919             |                                       |
| Kiefernadeln | 5                               | —                 | —                                     | —                 | —                                     | 21179             | 64,3                                  |
|              | 30                              | 19784             | 69,2                                  | 9784              | 52,7                                  | —                 | —                                     |
| Moos         | 5                               | 14993             | 52,5                                  | 7260              | 39,1                                  | 17981             | 54,5                                  |
| "            | 10                              | —                 | —                                     | —                 | —                                     | 18601             | 56,5                                  |
| "            | 15                              | —                 | —                                     | —                 | —                                     | 20928             | 63,6                                  |
| "            | 20                              | —                 | —                                     | —                 | —                                     | 23708             | 72,0                                  |
| "            | 25                              | —                 | —                                     | —                 | —                                     | 23597             | 71,7                                  |
| "            | 30                              | —                 | —                                     | —                 | —                                     | 23220             | 70,5                                  |

Diese Zahlen thun im Großen und Ganzen zunächst dar, daß der vierte Theil bis zur Hälfte der gefallenen Regenmenge von der Streudecke aufgenommen und verdunstet wird. Die betreffenden Werthe, welche übrigens jenen für die lebende Pflanzendecke erhaltenen sehr ähnlich sind, werden in Wirklichkeit, wo der streubedeckte Boden gleichzeitig mit Bäumen bestanden ist, wahrscheinlich höher ausfallen, insofern die Verdunstung aus der Streu in Folge der Beschattung durch die Bäume und des Schutzes, den diese gegen den Wind gewähren, geringer sein wird als in vorliegenden Versuchen, in welchen Wind und Sonne ihren Einfluß ungehindert auf die verwendeten Materialien ausüben konnten.

Bemerkenswerth ist schließlich die bereits von *Riegler* angeführte Thatsache, daß stärkere Niederschläge die Streulage relativ in größeren Mengen zu durchdringen vermögen als schwächere, wie aus einem Vergleich der betreffenden Daten der drei Jahrgänge mit einander deutlich hervorgeht.

Bezüglich der durch die verschiedenen Streusorten hervorgerufenen Unterschiede in den Sickerwassermengen sind die einschlägigen Darlegungen in den früheren Publikationen<sup>1)</sup> zu vergleichen.

### *C. Das Eindringen des Regenwassers in Böden von verschiedener physikalischer Beschaffenheit.*

Die Frage, bis zu welcher Tiefe das Wasser in den Boden bei verschiedener Niederschlagshöhe einzudringen vermag, wurde bei Quarzsand,

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. X. 1887. S. 442—446.

der durch Siebe in verschiedene Feinheitsgrade gebracht worden war, sowie bei Lehm (Ziegellehm), welcher sich theils im pulverförmigen (Einzelkornstruktur), theils im krümeligen Zustande (Krümelstruktur) befand, zunächst bei lufttrockener Beschaffenheit des Materials festzustellen versucht. Die Böden wurden in 0,9—1,0 m lange, an ihrem unteren Ende durch Mull und einen mehrfach durchlöcherten Kork verschlossene Glasröhren von 5 cm Durchmesser gefüllt, und zwar derart, daß der Quarzsand schichtenweise fest eingestampft, der Lehm durch oftmaliges Aufstoßen eingerüttelt wurde. Ueber dem Boden blieb ein entsprechender, zur Aufnahme des Wassers bestimmter Raum leer. Um die Verdunstung zu verhindern, wurde nach erfolgter Wasserzufuhr das obere Ende der Röhre mit einem Kork verschlossen, welcher in der Mitte mit einer oben sich verengenden Glasröhre versehen war. Letztere Vorrichtung hatte den Zweck, der Luft Zutritt in das Innere der Röhre zu gewähren und die Bildung eines luftverdünnten Raumes über dem Erdreich zu verhüten, wie solcher bei hermetischem Verschuß in Folge des Einsinkens des Wassers sich bilden würde.

Bei der Zufuhr des (destillirten) Wassers wurde dafür Sorge getragen, daß die ersten Partien in einem fein vertheilten Strahl gleichmäßig auf die Bodenoberfläche auffielen und daß dann weiterhin bei dem Aufgießen keine Verschlämmung der obersten Bodenschichten eintrat. Bei dem Lehm waren letztere überdies mit einem Drahtnetz bedeckt und so gegen das Verschlämmen geschützt.

Die Beobachtungen wurden stündlich angestellt und auf einen Zeitraum von 30—36 Stunden ausgedehnt. In sämtlichen Versuchen hatte sich der Stand des Wassers in den Versuchsböden nach 24 Stunden konstant erwiesen. Bei dem feinsten Quarzsand, sowie bei dem pulverförmigen Lehm drang das Wasser bei größerer Regenhöhe nicht sofort in den Boden ein, sondern blieb in einer mehr oder weniger hohen Schicht über diesem stehen, erst allmählich in denselben eindringend.

Die Resultate sind in folgenden Tabellen enthalten.



**Quarzsand.****I. 0,01—0,071 mm.**

| Regenhöhe:<br>mm | 10                                                               | 20  | 30  | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  |
|------------------|------------------------------------------------------------------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| Nach             | Das Eindringen des Wassers erfolgte bis zu einer Tiefe (ccm) von |     |     |      |      |      |      |      |      |      |
| 1 Stunde         | 3,0                                                              | 6,0 | 8,0 | 10,9 | 13,4 | 16,5 | 16,8 | 17,0 | 17,6 | 17,5 |
| 2 Stunden        | 3,0                                                              | 6,0 | 8,0 | 11,0 | 13,6 | 18,2 | 20,5 | 23,5 | 24,7 | 24,4 |
| 3 "              | 3,0                                                              | 6,0 | 8,0 | 11,4 | 13,7 | 18,5 | 21,4 | 24,5 | 29,5 | 28,5 |
| 5 "              | 3,0                                                              | 6,0 | 8,5 | 11,5 | 15,0 | 18,5 | 22,0 | 24,9 | 32,5 | 33,7 |
| 7 "              | 3,5                                                              | 6,4 | 8,5 | 11,7 | 15,0 | 19,0 | 22,1 | 25,2 | 33,5 | 35,7 |
| 9 "              | 3,5                                                              | 6,4 | 8,5 | 11,7 | 15,0 | 19,0 | 23,0 | 25,7 | 33,5 | 35,7 |
| 24 "             | 3,5                                                              | 6,9 | 9,0 | 11,7 | 16,0 | 20,0 | 23,5 | 27,0 | 36,2 | 37,0 |

**II. 0,071—0,114 mm.**

|           |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 Stunde  | 3,5 | 6,4 | 8,7 | 11,5 | 14,5 | 17,5 | 20,7 | 22,6 | 23,7 | 26,6 |
| 2 Stunden | 3,5 | 6,4 | 8,7 | 11,6 | 14,5 | 17,5 | 21,0 | 22,8 | 24,3 | 26,6 |
| 3 "       | 3,5 | 6,4 | 8,7 | 11,6 | 14,5 | 17,5 | 21,0 | 22,8 | 24,3 | 26,6 |
| 5 "       | 3,5 | 6,4 | 8,7 | 12,0 | 14,6 | 17,5 | 21,0 | 22,8 | 24,3 | 26,6 |
| 7 "       | 3,5 | 6,6 | 8,7 | 12,0 | 14,6 | 17,5 | 21,0 | 22,8 | 24,3 | 26,6 |
| 9 "       | 3,5 | 6,6 | 8,7 | 12,0 | 14,6 | 17,5 | 21,0 | 22,8 | 24,3 | 26,6 |
| 24 "      | 3,8 | 7,2 | 9,2 | 12,0 | 14,8 | 17,5 | 21,0 | 22,8 | 24,3 | 26,6 |

**III. 0,114—0,171 mm.**

|           |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 Stunde  | 3,8 | 6,5 | 9,5  | 12,4 | 15,6 | 18,5 | 21,5 | 23,8 | 26,5 | 27,6 |
| 2 Stunden | 3,8 | 6,5 | 10,0 | 12,8 | 15,6 | 18,5 | 21,9 | 24,1 | 26,5 | 27,6 |
| 3 "       | 3,8 | 6,5 | 10,0 | 12,8 | 15,6 | 18,5 | 21,9 | 24,1 | 26,5 | 27,6 |
| 5 "       | 3,8 | 6,8 | 10,5 | 13,2 | 15,6 | 18,5 | 22,0 | 24,1 | 26,5 | 27,6 |
| 7 "       | 4,0 | 6,8 | 10,5 | 13,2 | 15,8 | 18,5 | 22,0 | 24,1 | 26,5 | 27,8 |
| 9 "       | 4,0 | 7,0 | 10,5 | 13,2 | 15,8 | 18,5 | 22,0 | 24,1 | 26,5 | 27,9 |
| 24 "      | 4,5 | 7,5 | 11,0 | 13,2 | 15,8 | 18,5 | 22,0 | 24,1 | 26,5 | 27,9 |

**IV. 0,171—0,250 mm.**

|           |     |     |      |      |      |      |      |      |      |   |
|-----------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|---|
| 1 Stunde  | 4,3 | 8,0 | 12,9 | 16,6 | 21,4 | 28,0 | 36,0 | 73,0 | 92,0 | — |
| 2 Stunden | 4,3 | 9,0 | 13,7 | 18,5 | 24,2 | 32,0 | 37,0 | 81,0 | —    | — |
| 3 "       | 4,3 | 9,0 | 13,7 | 18,5 | 24,2 | 32,0 | 65,0 | 94,0 | —    | — |
| 5 "       | 4,3 | 9,4 | 13,7 | 19,5 | 25,2 | 33,2 | —    | —    | —    | — |
| 7 "       | 5,4 | 9,4 | 14,2 | 19,5 | 25,2 | 33,2 | —    | —    | —    | — |
| 9 "       | 5,4 | 9,6 | 14,2 | 19,5 | 25,2 | 33,2 | —    | —    | —    | — |
| 24 "      | 6,1 | 9,8 | 15,0 | 20,4 | 26,9 | 34,5 | —    | —    | —    | — |

**V. 0,25—0,50 mm.**

|           |     |      |      |      |      |      |   |   |   |   |
|-----------|-----|------|------|------|------|------|---|---|---|---|
| 1 Stunde  | 5,7 | 10,6 | 22,5 | 42,7 | 72,3 | 80,0 | — | — | — | — |
| 2 Stunden | 5,7 | 14,4 | 29,3 | 51,3 | —    | —    | — | — | — | — |
| 3 "       | 5,7 | 15,3 | 35,7 | 53,1 | —    | —    | — | — | — | — |
| 5 "       | 6,5 | 16,9 | 38,7 | 58,7 | —    | —    | — | — | — | — |
| 7 "       | 6,5 | 18,8 | 40,0 | 68,5 | —    | —    | — | — | — | — |
| 9 "       | 7,0 | 18,8 | —    | —    | —    | —    | — | — | — | — |
| 24 "      | 7,9 | 20,0 | —    | —    | —    | —    | — | — | — | — |

## Gemisch I.—VII. 0,01—2,00 mm.

| Regenhöhe:<br>mm | 10                                                               | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  |
|------------------|------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Nach             | Das Eindringen des Wassers erfolgte bis zu einer Tiefe (ccm) von |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1 Stunde         | 5,0                                                              | 8,0  | 11,5 | 25,1 | 28,5 | 32,7 | 42,0 | 41,9 | 40,4 | 36,4 |
| 2 Stunden        | 6,8                                                              | 10,0 | 13,8 | 26,5 | 31,0 | 35,3 | 42,5 | 44,3 | 43,4 | 40,7 |
| 3 "              | 7,8                                                              | 10,0 | 14,0 | 26,7 | 32,0 | 35,4 | 42,7 | 45,8 | 45,5 | 46,9 |
| 5 "              | 7,5                                                              | 10,3 | 15,9 | 26,7 | 34,8 | 43,0 | 56,5 | 54,0 | 50,0 | 54,1 |
| 7 "              | 7,8                                                              | 10,3 | 19,7 | 29,0 | 35,8 | 45,1 | 57,5 | 58,0 | 58,4 | 58,0 |
| 9 "              | 7,8                                                              | 10,5 | 19,7 | 29,5 | 36,5 | 47,0 | 57,5 | 58,5 | 64,5 | 68,7 |
| 24 "             | 8,0                                                              | 13,0 | 21,5 | 29,5 | 40,0 | 52,0 | 57,8 | 60,5 | 64,5 | 68,7 |

Die Kornsortimente VI (0,5—1,0 mm) und VII (1,0—2,0 mm) konnten nicht verwendet werden, weil selbst bei niedrigen Regenhöhen das Wasser nicht gleichmäßig in den Boden eindrang.

*Lehm.*

## I. 0,0—0,25 mm. Pulverförmig.

|           |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 Stunde  | 4,3 | 7,3  | 9,5  | 9,0  | 11,0 | 10,5 | 11,5 | 12,5 | 12,5 | 15,0 |
| 2 Stunden | 4,5 | 8,0  | 11,0 | 12,5 | 16,0 | 15,0 | 15,5 | 18,3 | 18,5 | 22,0 |
| 3 "       | 4,5 | 8,0  | 11,5 | 13,0 | 17,0 | 17,0 | 28,0 | 21,5 | 22,5 | 26,5 |
| 5 "       | 5,0 | 8,5  | 12,0 | 14,0 | 18,5 | 20,5 | 22,0 | 25,0 | 29,3 | 32,0 |
| 7 "       | 5,5 | 9,0  | 12,0 | 14,5 | 19,0 | 21,0 | 22,5 | 25,5 | 29,5 | 33,0 |
| 9 "       | 5,5 | 9,0  | 13,0 | 15,3 | 19,5 | 21,5 | 22,5 | 26,0 | 30,5 | 33,5 |
| 24 "      | 6,0 | 10,0 | 15,0 | 17,0 | 21,0 | 24,0 | 26,0 | 28,0 | 31,0 | 35,0 |

## II. 0,5—1,0 mm. Krümelig.

|           |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 Stunde  | 5,2 | 8,7  | 9,4  | 12,1 | 15,4 | 18,3 | 21,3 | 23,4 | 25,8 | 30,5 |
| 2 Stunden | 5,2 | 9,5  | 9,9  | 12,4 | 16,5 | 19,5 | 22,9 | 24,0 | 27,8 | 32,3 |
| 3 "       | 5,2 | 10,0 | 10,2 | 13,7 | 16,5 | 20,4 | 23,5 | 25,5 | 28,3 | 33,5 |
| 5 "       | 5,7 | 10,4 | 10,4 | 14,0 | 17,0 | 21,3 | 24,6 | 26,8 | 29,8 | 34,8 |
| 7 "       | 6,4 | 11,0 | 11,2 | 14,3 | 17,5 | 21,9 | 25,1 | 27,3 | 30,5 | 36,0 |
| 9 "       | 6,4 | 11,0 | 11,2 | 15,0 | 18,0 | 22,9 | 26,3 | 27,4 | 31,3 | 36,5 |
| 24 "      | 7,3 | 12,9 | 13,5 | 16,0 | 20,0 | 24,3 | 27,0 | 31,5 | 35,0 | 39,0 |

## III. 1,0—2,0 mm. Krümelig.

|           |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 Stunde  | 5,7 | 9,4  | 12,0 | 14,4 | 16,3 | 18,1 | 21,2 | 24,0 | 27,0 | 31,3 |
| 2 Stunden | 6,3 | 11,5 | 12,3 | 14,4 | 17,0 | 19,3 | 22,4 | 25,1 | 28,8 | 33,0 |
| 3 "       | 6,8 | 12,0 | 12,5 | 14,9 | 17,4 | 19,8 | 23,1 | 25,9 | 29,1 | 34,5 |
| 5 "       | 7,0 | 12,7 | 12,8 | 15,2 | 18,0 | 20,4 | 23,8 | 27,0 | 30,0 | 35,5 |
| 7 "       | 7,4 | 13,0 | 13,4 | 16,5 | 18,6 | 20,8 | 24,3 | 28,0 | 31,3 | 36,4 |
| 9 "       | 7,4 | 13,0 | 13,4 | 16,5 | 19,0 | 21,6 | 24,8 | 28,5 | 32,4 | 36,4 |
| 24 "      | 8,5 | 13,0 | 15,6 | 18,0 | 22,0 | 24,3 | 27,5 | 32,0 | 35,5 | 38,0 |

IV. 2,0—4,0 mm. Krümelig.

| Regenhöhe:<br>mm | 10                                                               | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  |
|------------------|------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Nach             | Das Eindringen des Wassers erfolgte bis zu einer Tiefe (ccm) von |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1 Stunde         | 6,6                                                              | 12,6 | 14,9 | 17,6 | 18,5 | 19,6 | 22,4 | 24,6 | 27,5 | 31,8 |
| 2 Stunden        | 7,0                                                              | 13,0 | 15,3 | 18,9 | 18,8 | 20,5 | 23,0 | 26,0 | 28,0 | 33,4 |
| 3 "              | 7,5                                                              | 13,0 | 15,6 | 19,2 | 19,3 | 21,0 | 24,0 | 28,5 | 28,5 | 34,0 |
| 5 "              | 7,7                                                              | 14,5 | 15,9 | 19,4 | 19,3 | 21,6 | 24,2 | 28,8 | 29,5 | 34,6 |
| 7 "              | 8,3                                                              | 14,5 | 16,7 | 19,5 | 19,8 | 22,0 | 24,5 | 29,5 | 30,0 | 35,0 |
| 9 "              | 9,5                                                              | 16,0 | 17,1 | 19,5 | 20,0 | 22,8 | 25,0 | 30,3 | 33,7 | 35,8 |
| 24 "             | 10,0                                                             | 16,0 | 18,0 | 20,5 | 22,5 | 24,5 | 28,5 | 31,0 | 35,8 | 38,3 |

V. 4,00—6,75 mm. Krümelig.

|           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 Stunde  | 8,2  | 14,0 | 16,0 | 18,4 | 19,6 | 20,6 | 24,8 | 24,6 | 28,0 | 33,0 |
| 2 Stunden | 9,4  | 15,2 | 17,0 | 18,9 | 20,5 | 22,5 | 25,6 | 25,5 | 31,0 | 34,0 |
| 3 "       | 9,4  | 15,2 | 17,0 | 18,9 | 20,5 | 22,5 | 26,3 | 25,5 | 31,5 | 34,4 |
| 5 "       | 9,8  | 16,0 | 18,2 | 20,0 | 21,2 | 22,6 | 26,6 | 27,3 | 33,0 | 35,5 |
| 7 "       | 10,4 | 16,6 | 18,2 | 21,0 | 21,5 | 22,6 | 27,4 | 28,3 | 33,3 | 36,0 |
| 9 "       | 10,8 | 16,6 | 18,6 | 21,0 | 21,5 | 22,6 | 27,8 | 28,3 | 34,0 | 36,0 |
| 24 "      | 10,8 | 17,8 | 20,0 | 22,8 | 23,5 | 25,5 | 30,0 | 31,6 | 36,0 | 38,3 |

Gemisch II—VI. 0,5—9,0 mm. Krümelig.

|           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 Stunde  | 7,4  | 14,0 | 15,0 | 15,8 | 17,9 | 20,4 | 21,5 | 22,5 | 25,3 | 28,8 |
| 2 Stunden | 8,0  | 14,5 | 15,5 | 16,9 | 18,4 | 21,4 | 23,0 | 24,0 | 26,8 | 31,1 |
| 3 "       | 8,8  | 15,3 | 17,5 | 17,8 | 18,9 | 22,9 | 23,8 | 24,4 | 27,8 | 32,5 |
| 5 "       | 8,6  | 15,5 | 17,5 | 18,0 | 19,3 | 23,2 | 24,3 | 25,1 | 28,0 | 33,5 |
| 7 "       | 9,0  | 15,8 | 17,6 | 19,0 | 20,5 | 23,6 | 25,1 | 26,0 | 29,5 | 34,0 |
| 9 "       | 9,0  | 17,0 | 17,6 | 20,0 | 20,8 | 24,4 | 25,3 | 26,8 | 30,0 | 34,6 |
| 24 "      | 10,0 | 18,5 | 20,0 | 22,0 | 23,0 | 25,5 | 27,4 | 29,0 | 33,0 | 37,0 |

Zusammenstellung der Resultate.

| Regenhöhe:<br>mm |       | 10                                                                    | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  |
|------------------|-------|-----------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                  |       | Das Eindringen des Regenwassers erfolgte bis zu einer Tiefe (ccm) von |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Quarzsand        | I     | 3,5                                                                   | 6,9  | 9,0  | 11,7 | 16,0 | 20,0 | 23,5 | 27,0 | 36,2 | 37,0 |
| "                | II    | 3,8                                                                   | 7,2  | 9,2  | 12,0 | 14,8 | 17,5 | 21,0 | 23,8 | 24,3 | 26,6 |
| "                | III   | 4,5                                                                   | 7,5  | 11,0 | 13,2 | 15,8 | 18,5 | 22,0 | 24,1 | 26,5 | 27,9 |
| "                | IV    | 6,1                                                                   | 9,8  | 15,0 | 20,4 | 26,9 | 34,5 | 65,0 | 94,0 | 92,0 | —    |
| "                | V     | 7,9                                                                   | 20,0 | 40,0 | 63,5 | 72,3 | 80,0 | —    | —    | —    | —    |
| "                | I—VII | 8,0                                                                   | 13,0 | 21,5 | 29,5 | 40,0 | 52,0 | 57,8 | 60,5 | 64,5 | 68,7 |

| Regenhöhe:<br>mm |               | 10                                                                       | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  |
|------------------|---------------|--------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                  |               | Das Eindringen des Regenwassers erfolgte bis zu<br>einer Tiefe (ccm) von |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Lehm (pulv.)     | I             | 6,0                                                                      | 10,0 | 15,0 | 17,0 | 21,0 | 24,0 | 26,0 | 28,0 | 31,0 | 35,0 |
| "                | (krümelig) II | 7,3                                                                      | 12,9 | 18,5 | 16,0 | 20,0 | 24,3 | 27,0 | 31,5 | 35,0 | 39,0 |
| "                | " III         | 8,5                                                                      | 13,0 | 15,6 | 18,0 | 22,0 | 24,3 | 27,5 | 32,0 | 35,5 | 38,0 |
| "                | " IV          | 10,0                                                                     | 16,0 | 18,0 | 20,5 | 22,5 | 24,5 | 28,5 | 31,0 | 35,8 | 38,3 |
| "                | " V           | 10,8                                                                     | 17,8 | 20,0 | 22,8 | 23,5 | 25,5 | 30,0 | 31,6 | 36,0 | 38,3 |
| "                | " II—VI       | 10,0                                                                     | 18,5 | 20,0 | 22,0 | 23,0 | 25,5 | 27,4 | 29,0 | 33,0 | 37,0 |

Die mitgetheilten Daten lassen im Allgemeinen erkennen,

- 1) daß das Eindringen des Wassers in den Boden um so schneller erfolgt, je größer die Bodentheilchen sind;
- 2) daß die Abwärtsbewegung des Regenwassers bei krümeliger Beschaffenheit des Bodens mit größerer Geschwindigkeit vor sich geht als bei pulverförmiger (Lehm), und daß dieselbe in dem Maße gefördert wird, je größer die Erdkrümel sind;
- 3) daß das Wasser um so tiefer in den Boden einsinkt, je größer die Regenmenge ist, jedoch nicht proportional der letzteren, sondern bei dem feinkörnigen Material (Quarzsand, pulverförmiger und krümeliger Lehm) in einem schwächeren, bei dem grobkörnigen Boden (Quarzsand IV u. V) in einem stärkeren Verhältniß;
- 4) daß die Größe der Bodenpartikel und die Struktur des Bodens, abgesehen von dem grobkörnigen Sande, für die Tiefe, bis zu welcher das Regenwasser in dem lufttrockenen Boden vordringt, im Großen und Ganzen zwar entsprechend der Geschwindigkeit der Wasserbewegung (Satz 1 und 2) maßgebend, aber von verhältnißmäßig geringem Einfluß ist.

Zur Erklärung der ad 1 und 2 charakterisirten Gesetzmäßigkeiten sind zunächst die Ergebnisse der früher vom Referenten publizirten Versuche über die Wasserleitung im Boden<sup>1)</sup> heranzuziehen. Die in letzteren hervorgetretenen Erscheinungen waren den hier mitgetheilten qualitativ

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. VII. 1884. S. 279—289.

vollkommen analog, quantitativ jedoch von diesen insofern wesentlich verschieden, als in den angezogenen Untersuchungen die Größe der Bodenpartikel und die Struktur sich von einem ungleich größeren Einfluß auf die Abwärtsbewegung des Wassers erwiesen hatten als in den vorliegenden Beobachtungen. Die Ursache dieser Abweichungen ist darin zu suchen, daß in jenen älteren Versuchen der Zufluß des Wassers ein ununterbrochener war, während in den vorliegenden eine bestimmte Wassermenge auf den Boden gebracht wurde. Es konnten sonach im letzteren Fall neben den Widerständen, welche der Boden dem eindringenden Wasser entgegenstellt und wie solche im ersteren Fall sich fast ausschließlich geltend machten, nebenher noch verschiedene andere Einwirkungen in die Erscheinung treten. Welcher Art dieselben waren, ließ sich leicht bei dem Quarzsand I und Lehm I beobachten.

In diese Materialien drang das Wasser so langsam ein, daß dasselbe bei stärkerer Zufuhr in einer mehr oder weniger hohen Schicht auf der Oberfläche stehen blieb. Nachdem das Wasser eingesunken war und die Bewegung desselben aufgehört hatte, konnte man deutlich an der Färbung der Bodenschichten eine ungleichmäßige Vertheilung der Feuchtigkeit erkennen und zwar in der Weise, daß letztere von oben nach unten sich in stetiger Zunahme zeigte. Die Ursache hiervon beruht zweifelsohne darauf, daß in dem mit äußerst feinen Poren versehenen Material die tieferen Schichten den höher gelegenen Wasser auf kapillarem Wege entzogen hatten. Hierin mag eine Erklärung für die Erscheinung gefunden werden, daß das Wasser in dem Quarzsand I tiefer vordrang als im Quarzsand II, und daß die bezüglichlichen Unterschiede bei dem Lehm trotz verschiedener Struktur verhältnißmäßig sehr gering ausfielen.

Die Ursachen der eigenthümlichen, durch Satz 3 präzisirten Erscheinungen lassen sich nur schwer ausfindig machen. Wahrscheinlich wird in dem Maße, als die zugeführte Wassermenge zunimmt und in Folge dessen eine immer größere Zahl der Bodenporen mit Wasser erfüllt wird, die Bewegung der Flüssigkeit in die Tiefe gehemmt, weil die in den Kapillaren festgehaltenen Wasserpartikel durch die von oben kommenden verdrängt werden müssen. Dies gilt jedoch nur für jene Bodenmaterialien, welche wegen ihrer Feinkörnigkeit eine große Zahl sehr enger Hohlräume einschließen, während bei den gröbereren Sortimenten die kapillaren Kräfte zu gering sind, um das Wasser in größeren Mengen aufzuhalten.

In diesen sinkt das Wasser in einem größeren Verhältniß, als der zugeführten Regenmenge entspricht.

Bei dem Lehm mögen auch Aenderungen in den Strukturverhältnissen mit dazu beigetragen haben, daß die Wirkungstiefe des Regens nicht gleichen Schritt mit der Menge des letzteren hielt. Bei stärkerer Zufuhr werden zweifelsohne viele Krümel zerstört und dadurch die Wasserkapazität des Bodens erhöht, resp. das Einsinken des Wassers gehemmt.

Aus dem Mitgetheilten ergibt sich zur Genüge, daß bei dem Eindringen des Regenwassers in den Boden verschiedene Wirkungen in den mannigfachsten Komplikationen in die Erscheinung treten. Bei Beurtheilung dieser Verhältnisse kommen vornehmlich die Schnelligkeit, mit welcher das Wasser in den Boden eindringt, die Tiefe, bis zu welcher dasselbe sinkt, und die Vertheilung des Wassers nach erfolgter Durchfeuchtung in Betracht.

Die Geschwindigkeit in der Bewegung des Wassers ist vornehmlich von den derselben sich entgegenstellenden Widerständen, wie solche durch Kapillarität, Adhäsion und Reibung der Wassertheilchen an den Bodenpartikeln hervorgerufen werden, beherrscht. Daher bewegt sich das Wasser um so langsamer in Tiefe, je feinkörniger der Boden ist und je größer die Mengen von kolloidalen Substanzen sind, welche er in sich einschließt. Aus diesem Grunde muß das Regenwasser in dem Sand schneller einsinken als in einem an thonigen und humosen Bestandtheilen reichen Boden. Enthält der Boden eine größere Zahl nichtkapillarer Hohlräume (Krümelstruktur), so dringt das Wasser schneller ein als bei pulverförmiger Beschaffenheit (Einzelkornstruktur) desselben. Bei ergiebigen Niederschlägen sammelt es sich in letzterem Fall sogar in einer mehr oder weniger hohen Schicht an, in ebener Lage den Boden zeitweise versumpfend, an Hängen oberflächlich abfließend. Eine vollkommene Ausnutzung des Niederschlagswassers wird daher bei allen feinkörnigen, thon- und humusreichen Bodenarten nur durch Krümelung derselben erzielt werden.

In Bezug auf die Tiefe der Durchfeuchtung des lufttrockenen Bodens durch das Regenwasser sind die Feinheit des Kornes und die Kapillarität von maßgebendstem Belang. Bei feinporigem Boden macht sich besonders die Wirkung letzterer bemerkbar, indem, wie gezeigt, die tieferen Erdschichten den höheren, bereits durchfeuchteten Wasser entziehen.

Die Vertheilung des Wassers in der Bodenmasse ist je nach der physikalischen Beschaffenheit derselben eine sehr verschiedene. In feinkörnigen, thon- und humusreichen Bodenarten sind während des Niederschlages die oberen Partien feuchter als die tieferen, wenn sich dieselben im Zustande der Einzelkornstruktur befinden, und zwar wegen der beträchtlichen Widerstände, welche sich der Bewegung des Wassers entgegenstellen. Nach dem Aufhören der Zufuhr sinkt das Wasser langsam ein, zum großen Theil auf dem oben geschilderten kapillaren Wege und sobald die Wasserbewegung sistirt ist, sind die tieferen Schichten stärker durchfeuchtet als die oberen; jedoch sind die betreffenden Unterschiede relativ gering, so daß die Feuchtigkeit ziemlich gleichmäßig vertheilt erscheint. Aehnlich verhält sich der feinporige Boden im krümeligen Zustande, nur mit dem Unterschiede, daß das Wasser in denselben schneller eindringt. Der grobkörnige Boden hingegen läßt nicht allein das Wasser mit großer Geschwindigkeit eindringen, sondern nimmt wegen geringer Wasserkapazität von demselben in den oberen Schichten nur wenig auf und sättigt sich nur in den untersten Schichten. Zur Illustration dieser Unterschiede können die bereits früher vom Referenten veröffentlichten Ergebnisse von Versuchen über die Vertheilung des Wassers in verschiedenen Schichten des Bodens<sup>1)</sup> herangezogen werden.

| Bodenschicht. | Höhe der Bodenschicht.<br>cm | Wasserkapazität (Vol. %). |                           |                       |                   |
|---------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------|
|               |                              | Quarzsand.                |                           |                       |                   |
|               |                              | I.<br>0,01—0,071<br>mm    | III.<br>0,114—0,171<br>mm | V.<br>0,26—0,50<br>mm | VII.<br>1—2<br>mm |
| I oben        | 10                           | 35,5                      | 6,03                      | 4,98                  | 3,66              |
| II            | 15                           | 35,2                      | 6,38                      | 4,79                  | 4,09              |
| III           | 15                           | 39,4                      | 7,10                      | 4,81                  | 4,00              |
| IV            | 15                           | 39,7                      | 12,97                     | 4,64                  | 4,80              |
| V             | 15                           | 40,8                      | 36,46                     | 4,77                  | 4,44              |
| VI            | 15                           | 41,7                      | 41,11                     | 8,56                  | 4,59              |
| VII unten     | 15                           | 42,4                      | 41,54                     | 37,04                 | 18,16             |

In Rücksicht auf die Wasserversorgung der Pflanzen verhält sich sonach der feinkörnige Boden ungleich günstiger als der grobkörnige.

Es erübrigt nunmehr noch, der Frage näher zu treten, in welcher Weise das Eindringen des Regenwassers in den feuchten Boden erfolgt.

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. VIII. 1885. S. 188.

In Bezug hierauf sind die diesbezüglichen Versuche *Hellriegel's*<sup>1)</sup> zunächst in Betracht zu ziehen. Derselbe füllte die betreffenden Böden im mäßig feuchten Zustande in durch Gaze unten verschlossene Lampenzylinder und setzte letztere zu einer Säule zusammen. Durch Wägen der einzelnen Zylinder konnte festgestellt werden, wie weit das oben in bestimmten Mengen zugeführte Regenwasser eingedrungen war.

In einem grobkörnigen Diluvialsand war das Regenwasser bei einer Niederschlagshöhe von 40 mm bis zu einer Tiefe von 60 mm vorgedrungen. Bei der Aufbringung eines zweiten eben so großen Regenfalls drang das Wasser rasch zum Grunde nieder; schon nach 48 Stunden war die Vertheilung des Wassers vollendet. Dabei enthielten die obersten Bodenschichten nicht mehr Feuchtigkeit als bei der ersten Zufuhr; ihre Kapazität war also schon offenbar durch den ersten Regenfall gesättigt und der gesammte Zuwachs an Feuchtigkeit sammelte sich in den unteren Schichten an. Bei einem dritten Regen von 40 mm sank das Wasser sofort ein, bei einem vierten (40 mm) floß es unten ab, ein Zeichen dafür, daß hiermit die Kapazität des Sandes überschritten war.

In einer anderen Säule wurden die drei oberen Zylinder<sup>2)</sup> mit humosem lehmigen Sand gefüllt, der vierte untere mit humusfreiem lehmigen Sand. Der erste Regen (40 mm) war hier, obwohl das Erdmaterial ansehnlich mehr Feuchtigkeit enthielt als im ersteren Fall, nur bis wenig über 40 cm herabgekommen. Die Vertheilung des Wassers war erst nach 10 Tagen vollständig beendet. Bei der zweiten Zufuhr (40 mm) trat dies erst nach 19 Tagen ein. Bemerkenswerth ist dabei, daß der feinkörnige humuslose Sand des Untergrundes der darüber lagernden Ackerkrume energisch Wasser entzogen hatte. Nach einem dritten Regen (40 mm) zeigte sich der Wassergehalt von oben nach unten abnehmend; die tiefste Schicht war bereits stark durchfeuchtet. Der vierte Regen von 80 mm wurde vom Boden noch vollständig festgehalten, dagegen lief bei einem fünften Regen von 40 mm unten Wasser ab.

Eine dritte aus vier Zylindern zusammengesetzte Säule wurde in den oberen drei Abschnitten mit humusfreiem lehmigen Sand, in dem unteren mit gröberem Diluvialsand beschickt. Der erste Regen (40 mm) war bis etwas über 40 cm eingedrungen. Bei dem zweiten Regen war die Ver-

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. VII. 1884. S. 245—247.

<sup>2)</sup> Die durchschnittliche Länge der Zylinder betrug ca. 18,5 cm.



theilung des Wassers erst in 12 Tagen beendet. Die Hauptschicht der Säule hatte an den darunter liegenden grobkörnigen Sand noch keinen Tropfen Wasser abgegeben. Als dann der dritte Regen (40 mm) zugeführt wurde, zeigte sich der Boden in den drei oberen Zylindern stark durchfeuchtet, während in dem unteren nur 0,8 gr Wasser im Sande enthalten waren. Bei einem vierten Regen (40 mm) hatten nach acht Tagen die drei oberen Zylinder noch an Gewicht zugenommen, dagegen hielt sich der Boden im untersten Zylinder noch auf seinem früheren Feuchtigkeitsgehalt. Weiterhin wurden nach und nach in dem Maße, wie sich das Wasser langsam in den Boden einzog, noch weitere Wassermengen (80 mm) zugeführt. Nach 19 Tagen ergab sich, daß die drei oberen Zylinder 2,2 resp. 4,3 und 3,4 gr, der untere 7,1 gr zugenommen hatten. Noch war hiermit die Wasserkapazität der Säule nicht vollständig gesättigt, aber das energische Vordringen der Feuchtigkeit in den mit Sand gefüllten unteren Zylinder beweist, daß dieselbe endlich wenigstens diesem Punkte nahe war.



Nach alledem erfolgt das Eindringen des Regenwassers um so langsamer, je feiner die Bodentheilchen sind. Lagern Bodenschichten von verschieden feinem Korn unmittelbar auf einander, so wird die feinkörnigste die größten Wassermengen aufnehmen und den anderen unter Umständen einen Theil ihrer Feuchtigkeit entziehen, während sie umgekehrt nicht eher Wasser an dieselben abgibt, als bis sie vollständig damit gesättigt ist.

Damit würden im Wesentlichen die Ergebnisse der oben mitgetheilten Versuche bestätigt. Hinsichtlich der Frage über die Unterschiede in dem Eindringen des Regens bei verschiedenem Feuchtigkeitsgehalt des Bodens geben aber die Versuche *Hellriegel's* keine Auskunft, weil nicht gleichzeitig das Verhalten des trockenen Bodens mit berücksichtigt wurde. Deshalb sah sich Referent veranlaßt, eine weitere Reihe von Versuchen auszuführen, in welcher verschiedene Böden theils im lufttrockenen, theils im gut durchfeuchteten Zustande verwendet wurden.

Fig. 4. Der Apparat (Fig. 4), der zu diesen Untersuchungen benutzt wurde, bestand aus einer Säule, welche aus 10 Blechzylindern von je 10 cm

Höhe zusammengesetzt wurde. Jeder Zylinder war unten durch ein feines Drahtsieb geschlossen und oben mit einer Muffe versehen, in welche das untere Ende des nächsten Zylinders gesteckt wurde. Um eine Verschiebung der einzelnen Theile der Säule zu verhindern, wurde an dem oberen Theil einer jeden Muffe eine runde Korkscheibe eingeklemmt.

Diese Vorrichtung diente zur Aufnahme der feuchten Böden, welche schichtenweise sanft eingedrückt, bis zum Ansatz der Muffe in die Zylinder gefüllt wurden. Außerdem wurden dieselben Bodenarten im lufttrockenen Zustande in Glaszylinder verbracht und in denselben wie bei feuchter Beschaffenheit durchfeuchtet. Durch Wägen der Blechzylinder konnte das Eindringen des Wassers ermittelt werden.

Die folgenden Tabellen enthalten die gewonnenen Resultate:

I. Quarzsand. 0,01—0,25 mm.

Trocken.

| Nach      | Wirkungstiefe (cm) bei einer Regenhöhe von |          |          |          |          |
|-----------|--------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
|           | 10<br>mm                                   | 20<br>mm | 30<br>mm | 40<br>mm | 50<br>mm |
| 5 Stunden | 9,0                                        | 12,5     | 19,0     | 23,0     | 26,0     |
| 20 "      | 10,0                                       | 13,5     | 22,0     | 30,0     | 32,0     |
| 24 "      | 10,0                                       | 13,5     | 22,0     | 30,0     | 32,0     |

Feucht.

| Regenhöhe<br>mm | Gewichtszunahme nach 24 Stunden (gr.) |     |      |     |    |              | Wirkungstiefe nach<br>24 Stunden.<br>cm |
|-----------------|---------------------------------------|-----|------|-----|----|--------------|-----------------------------------------|
|                 | Zylinder.                             |     |      |     |    |              |                                         |
|                 | I.<br>oben                            | II. | III. | IV. | V. | VI.<br>unten |                                         |
| 10              | 6                                     | 5   | —    | —   | —  | —            | 20                                      |
| 20              | 23                                    | 2   | —    | —   | —  | —            | 20                                      |
| 30              | 18                                    | 16  | 7    | 3   | —  | —            | 40                                      |
| 40              | 25                                    | 22  | 2    | 2   | —  | —            | 40                                      |
| 50              | 1                                     | 12  | 13   | 21  | 6  | 6            | 60                                      |

II. Reiner Kalksand. 0,01—0,25 mm.

Trocken.

| Nach      | Wirkungstiefe (cm) bei einer Regenhöhe von |          |          |          |          |
|-----------|--------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
|           | 10<br>mm                                   | 20<br>mm | 30<br>mm | 40<br>mm | 50<br>mm |
| 5 Stunden | 8,0                                        | 11,5     | 18,5     | 21,5     | 22,0     |
| 20 "      | 9,5                                        | 13,0     | 21,5     | 24,5     | 26,0     |
| 24 "      | 9,5                                        | 13,0     | 21,5     | 24,5     | 26,0     |

Feucht.

| Regenhöhe<br>mm | Gewichtszunahme nach 24 Stunden (gr). |     |      |     |    |     |      |       |     |             | Wirkungstiefe nach<br>24 Stunden.<br>cm |
|-----------------|---------------------------------------|-----|------|-----|----|-----|------|-------|-----|-------------|-----------------------------------------|
|                 | Zylinder.                             |     |      |     |    |     |      |       |     |             |                                         |
|                 | I.<br>oben                            | II. | III. | IV. | V. | VI. | VII. | VIII. | IX. | X.<br>unten |                                         |
| 10              | 12                                    | —   | —    | —   | —  | —   | —    | —     | —   | —           | 10                                      |
| 20              | 9                                     | 8   | 5    | —   | —  | —   | —    | —     | —   | —           | 30                                      |
| 30              | 12                                    | 14  | 6    | 4   | 1  | —   | —    | —     | —   | —           | 50                                      |
| 40              | 1                                     | 4   | 6    | 6   | 8  | 12  | 6    | 4     | —   | —           | 80                                      |
| 50              | 2                                     | 4   | 20   | 12  | 4  | 4   | 5    | 4     | 4   | 2           | 100                                     |

III. Lehm. Pulverförmig. 0,01—0,25 mm.  
Trocken.

| Nach       | Wirkungstiefe (cm) bei einer Regenhöhe von |          |          |          |          |
|------------|--------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
|            | 10<br>mm                                   | 20<br>mm | 30<br>mm | 40<br>mm | 50<br>mm |
| 10 Stunden | 6,0                                        | 8,5      | 12,0     | 15,5     | 17,5     |
| 20 "       | 7,0                                        | 9,5      | 13,5     | 17,0     | 19,5     |
| 48 "       | 7,5                                        | 10,0     | 14,0     | 18,5     | 20,5     |

Feucht.

| Regenhöhe<br>mm | Gewichtszunahme nach 8 Tagen (gr). |     |      |               | Rest des nicht<br>ein-<br>gedrungenen<br>Wassers.<br>gr | Wirkungstiefe nach<br>8 Tagen.<br>cm |
|-----------------|------------------------------------|-----|------|---------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------|
|                 | Zylinder.                          |     |      |               |                                                         |                                      |
|                 | I.<br>oben.                        | II. | III. | IV.<br>unten. |                                                         |                                      |
| 10              | 8                                  | 4   | —    | —             | —                                                       | 20                                   |
| 20              | 3                                  | 5   | —    | —             | 19                                                      | 20                                   |
| 30              | 7                                  | 3   | 3    | —             | 23                                                      | 30                                   |
| 40              | 10                                 | 6   | 3    | —             | 26                                                      | 30                                   |
| 50              | 9                                  | 3   | 3    | 2             | 36                                                      | 40                                   |

IV. Lehm. Krümelig. 0,5—0,6 mm.  
Trocken.

| Nach      | Wirkungstiefe (cm) bei einer Regenhöhe von |          |          |          |          |
|-----------|--------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
|           | 10<br>mm                                   | 20<br>mm | 30<br>mm | 40<br>mm | 50<br>mm |
| 5 Stunden | 6,5                                        | 9,5      | 14,5     | 16,5     | 22,5     |
| 24 "      | 7,5                                        | 11,0     | 17,0     | 19,5     | 25,5     |
| 96 "      | 7,5                                        | 11,5     | 18,5     | 22,0     | 28,5     |
| 120 "     | 7,5                                        | 11,5     | 18,5     | 22,0     | 30,0     |

## Feucht.

| Regenhöhe<br>mm | Gewichtszunahme nach 48 Stunden (gr). |     |      |     |    |               | Wirkungstiefe nach<br>48 Stunden.<br>cm |
|-----------------|---------------------------------------|-----|------|-----|----|---------------|-----------------------------------------|
|                 | Zylinder.                             |     |      |     |    |               |                                         |
|                 | I.<br>oben.                           | II. | III. | IV. | V. | VI.<br>unten. |                                         |
| 10              | 8                                     | 8   | —    | —   | —  | —             | 20                                      |
| 20              | 10                                    | 12  | 4    | —   | —  | —             | 30                                      |
| 30              | 16                                    | 11  | 2    | 2   | —  | —             | 40                                      |
| 40              | 26                                    | 14  | 12   | 2   | —  | —             | 40                                      |
| 50              | 10                                    | 12  | 10   | 9   | 18 | 4             | 60                                      |

## V. Ackererde (humoser Kalksand), pulverförmig.

## Trocken.

| Nach       | Wirkungstiefe (cm) bei einer Regenhöhe von |          |          |          |          |
|------------|--------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
|            | 10<br>mm                                   | 20<br>mm | 30<br>mm | 40<br>mm | 50<br>mm |
| 24 Stunden | 4,0                                        | 5,5      | 9,0      | 12,5     | 14,0     |
| 48 „       | 4,5                                        | 6,0      | 9,5      | 12,8     | 14,5     |
| 72 „       | 4,5                                        | 6,0      | 9,5      | 12,8     | 14,8     |

## Feucht.

| Regenhöhe<br>mm | Gewichtszunahme nach 8 Tagen. |     |                | Rest des nicht<br>ein-<br>gedrungenen<br>Wassers.<br>gr | Wirkungstiefe nach<br>8 Tagen.<br>cm |
|-----------------|-------------------------------|-----|----------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------|
|                 | Zylinder.                     |     |                |                                                         |                                      |
|                 | I.<br>oben.                   | II. | III.<br>unten. |                                                         |                                      |
| 10              | 6                             | —   | —              | —                                                       | 10                                   |
| 20              | 5                             | 2   | —              | 15                                                      | 20                                   |
| 30              | 7                             | 2   | —              | 28                                                      | 20                                   |
| 40              | 5                             | 4   | 1              | 36                                                      | 30                                   |
| 50              | 14                            | 6   | 1              | 39                                                      | 30                                   |

## VI. Ackererde (humoser Kalksand), krümelig.

## Trocken.

| Nach      | Wirkungstiefe (cm) bei einer Regenhöhe von |          |          |          |          |
|-----------|--------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
|           | 10<br>mm                                   | 20<br>mm | 30<br>mm | 40<br>mm | 50<br>mm |
| 5 Stunden | 6,0                                        | 9,0      | 11,0     | 14,5     | 18,0     |
| 22 „      | 7,0                                        | 10,0     | 12,0     | 15,0     | 20,0     |
| 24 „      | 7,0                                        | 10,0     | 12,0     | 15,0     | 20,0     |

## Feucht.

| Regenhöhe<br>mm | Gewichtszunahme nach 24 Stunden. |     |      |      |    |     |      | Wirkungstiefe<br>nach<br>24 Stunden.<br>cm |
|-----------------|----------------------------------|-----|------|------|----|-----|------|--------------------------------------------|
|                 | Zylinder.                        |     |      |      |    |     |      |                                            |
|                 | I.                               | II. | III. | IV.  | V. | VI. | VII. |                                            |
| 10              | 9                                | 4   | —    | —    | —  | —   | —    | 20                                         |
| 20              | 12                               | 8   | 6    | —    | —  | —   | —    | 30                                         |
| 30              | 11                               | 11  | 13   | 8    | —  | —   | —    | 40                                         |
| 40              | 7                                | 7   | 8    | 10   | 8  | 5   | 4    | 70                                         |
| 50              | 7                                | 8   | 13   | 11,5 | 11 | 10  | 2    | 70                                         |

Zunächst ergibt sich aus diesen Zahlen wiederum die Thatsache, daß das Regenwasser in den Sand (Quarz- und Kalksand) weit schneller und tiefer eindringt als in den feinkörnigen humosen und thonreichen Boden (Lehm und Ackererde pulverförmig).

Hinsichtlich des Einflusses der Feuchtigkeit des Bodens auf die Abwärtsbewegung des Regenwassers lassen die mitgetheilten Zahlen mit großer Uebereinstimmung erkennen, daß der Boden im feuchten Zustande bis in größere Tiefen von dem oben aufgeführten Wasser durchdrungen wird als im trockenen. Erklärlich wird dies, wenn man bertcksichtigt, daß bei trockener Beschaffenheit des Erdreichs ein mehr oder weniger großer Theil des Niederschlagswassers zur Benetzung der Bodentheilchen, zur Imbibition der Kolloidsubstanzen und Erfüllung der kleinsten Kapillaren in den obersten Schichten verwendet wird, während diese Vorgänge in dem feuchten Boden bereits vor der Aufbringung des Wassers stattgefunden haben und sich somit in diesem ein gewisser Ueberschuß nach erfolgtem Regen ergibt, der nunmehr zur Durchfeuchtung tieferer Schichten dienen kann. Der Vorgang, der unter letzteren Verhältnissen stattfindet, besteht je nach der physikalischen Beschaffenheit und dem Sättigungsgrade des Bodens entweder in einem Eindringen des aufgefallenen Wassers, oder in einem Verdrängen der bereits vorhandenen Wassertheilchen durch die zugeführten. Ersterer Prozeß überwiegt in Böden, die, wie z. B. der Sand das Wasser gut leiten und von der Sättigung noch mehr oder weniger weit entfernt sind. Letzterer Prozeß vollzieht sich vornehmlich in dem Falle, wo der Boden der Bewegung des Wassers größere Hindernisse entgegenstellt und zur Zeit der Zufuhr größere Mengen davon einschließt.

Aus den Versuchen III und V geht deutlich hervor, daß der feinkörnige, an Thon und humosen Bestandtheilen reiche Boden im pulver-

förmigen und feuchten Zustände für das Regenwasser schwer durchdringbar ist, derart, daß ein großer Theil des letzteren auf der Oberfläche stehen bleibt. Die Ursache hiervon ist darin zu suchen, daß sich die obersten Schichten bei jedem Regenfall vollständig mit Wasser sättigen, wobei sich gleichzeitig die Kapillaren durch Aufquellen der Kolloidsubstanzen verengen und daß dadurch das Vordringen des Wassers in einem außerordentlichen Grade erschwert wird. In solchen Böden erweist sich die Herstellung der Krümelstruktur mittelst geeigneter Maßnahmen bei der Bearbeitung und Düngung als unbedingte Notwendigkeit, wenn die Niederschläge den Pflanzen in einer für deren Gedeihen möglichst günstigen Weise zu Gute kommen sollen. Die Ergebnisse der Versuche IV und VI lassen dies auf das Deutlichste erkennen.

Schließlich möge der Vollständigkeit wegen darauf hingewiesen sein, daß der gefrorene Boden für Wasser vollständig undurchdringlich ist. Diese Thatsache ist insofern von Wichtigkeit, als die Durchfeuchtung des Bodens im Frühjahr durch die Schneeschmelze wesentlich von dem Umstande abhängt, ob der Boden auf größere Tiefe gefroren ist oder nicht. Nur im letzteren Fall dringt das Wasser in größeren Mengen in den Boden ein, während es im ersteren rasch den Bächen und Flüssen zugeführt wird, in diesen zur Entstehung von Hochwässern Veranlassung gebend<sup>1)</sup>.

Ueberblickt man die hier mitgetheilten Thatsachen, so wird man nicht umhin können, der Anschauung beizupflichten, daß das Eindringen des Regen- und Schneewassers von sehr verschiedenen Umständen abhängig ist, die in sehr wechselvoller Weise in die Erscheinung treten. Wenngleich die hier in Betracht gezogenen Momente für die Durchfeuchtung des Bodens mitbedingend sind, so sind sie doch zur Erklärung der in Wirklichkeit stattfindenden Vorgänge insofern nicht ausreichend, als hier noch die Wirkungen der Verdunstung und der Absickerung hinzutreten. Die durch letztere hervorgerufenen Abänderungen in den bezüglichen Erscheinungen sollen den Gegenstand der nächsten Mittheilung abgeben.

---

<sup>1)</sup> *A. Woeikof*. Der Einfluß einer Schneedecke auf Boden, Klima und Wetter. Geogr. Abhandlungen von *A. Penck*. Bd. III. Heft 3. Wien. 1889. *A. Woeikof*. Die Klimate der Erde. Jena. 1887. Bd. II. S. 56.

## Neue Litteratur.

**A. Petermann.** Ueber den Einfluß der Witterung auf das Wachstum und die Zusammensetzung der Zuckerrübe. (Aus: Contribution à la chimie et à la physiologie de la betterave à sucre.) Bulletin de la Station agronomique de l'Etat à Gembloux. Bruxelles 1889. N. 45. p. 29—32.

Die vom Verf. während eines Zeitraums von 10 Jahren ausgeführten Vegetationsversuche<sup>1)</sup> mit Zuckerrüben waren gleichzeitig mit meteorologischen Beobachtungen verbunden, so daß es möglich war, die Beziehungen der wichtigsten Witterungsfaktoren zu der Produktion und zu dem Zuckergehalt der Rüben festzustellen.

Die den Pflanzen während ihrer Vegetation zu Gebote stehende Wärmemenge wurde durch „Wärmesummen“ dargestellt, d. h. durch das Produkt aus der Zahl der Vegetationstage mit der durchschnittlichen Temperatur, welche während des Wachstums geherrscht hatte. Die Lichtmenge wurde nicht mittelst des Aktinometers bestimmt, sondern nach der Bedeckung des Himmels bemessen, indem man den vollständig bezogenen Himmel durch 10, den ganzen wolkenlosen durch 0 bezeichnete und nach dieser Skala die verschiedenen Bewölkungsgrade abschätzte.

Es ergab sich nun zunächst, daß die Produktion organischer Substanz bei der Zuckerrübe von der Niederschlagsmenge in höherem Grade abhängig war als von der Wärmemenge. Dies ergibt sich deutlich aus folgender Uebersicht, in welcher die Rübenernten die Gesamtproduktion in den vom Verf. benutzten, verschieden gedüngten vier Versuchskästen darstellen.

| Jahr. | Regenmenge. | Rüben-<br>ernte. | Jahr. | Wärme-<br>summe. | Rüben-<br>ernte. |
|-------|-------------|------------------|-------|------------------|------------------|
|       | mm          | kg               |       | °C               | kg               |
| 1882  | 547         | 14,930           | 1880  | 2875             | 9,000            |
| 1878  | 515         | 18,137           | 1882  | 2829             | 14,930           |
| 1881  | 483         | 10,330           | 1886  | 2745             | 12,778           |
| 1880  | 463         | 9,000            | 1884  | 2706             | 11,120           |
| 1877  | 416         | 10,638           | 1881  | 2699             | 10,330           |
| 1886  | 404         | 12,778           | 1877  | 2594             | 10,638           |
| 1884  | 384         | 11,120           | 1878  | 2514             | 18,134           |
| 1883  | 382         | 13,020           | 1883  | 2492             | 13,020           |
| 1879  | 383         | 6,411            | 1879  | 2321             | 6,411            |
| 1885  | 283         | 8,485            | 1885  | 2292             | 8,485            |

Wie man sieht, passen sich die Ernten im Allgemeinen mehr der Regen- als der Wärmemenge an. Allerdings machen sich einige Abweichungen bemerkbar, doch lassen sich dieselben dadurch erklären, daß die Vertheilung des Nieder-

<sup>1)</sup> Vergleiche das Referat in diesem Heft S. 238, in welchem über die Ausführung der Versuche nähere Mittheilungen enthalten sind.

schlages, welche sich neben der Menge desselben von ausgesprochenem Einfluß auf das Produktionsvermögen der organischen Substanz erweist<sup>1)</sup>, in den verschiedenen Versuchsjahren verschieden war.

In welcher Weise der Reichthum der Rüben an Zucker von den meteorologischen Elementen beherrscht wurde, wird aus folgender Tabelle ersichtlich:

| Jahr. | Regen-<br>menge. | Zucker-<br>gehalt<br>der<br>Rüben. | Jahr. | Wärme-<br>summe. | Zucker-<br>gehalt<br>der<br>Rüben. | Jahr. | Bewöl-<br>kung. | Zucker-<br>gehalt<br>der<br>Rüben. |
|-------|------------------|------------------------------------|-------|------------------|------------------------------------|-------|-----------------|------------------------------------|
|       | mm               | %                                  |       | °C               | %                                  |       | °               | %                                  |
| 1882  | 547              | 10,54                              | 1880  | 2875             | 12,25                              | 1886  | 3,9             | 14,79                              |
| 1878  | 515              | 12,02                              | 1882  | 2827             | 10,54                              | 1881  | 3,8             | 12,95                              |
| 1881  | 483              | 12,95                              | 1886  | 2745             | 14,79                              | 1884  | 3,8             | 12,87                              |
| 1880  | 463              | 12,25                              | 1884  | 2706             | 12,37                              | 1877  | 3,7             | 13,27                              |
| 1877  | 416              | 13,27                              | 1881  | 2699             | 12,95                              | 1880  | 3,6             | 12,25                              |
| 1886  | 404              | 14,79                              | 1877  | 2594             | 13,27                              | 1878  | 3,6             | 12,02                              |
| 1884  | 384              | 12,87                              | 1878  | 2514             | 12,02                              | 1885  | 3,2             | 11,79                              |
| 1883  | 382              | 11,59                              | 1883  | 2492             | 11,59                              | 1883  | 3,2             | 11,59                              |
| 1879  | 383              | 10,14                              | 1879  | 2321             | 10,14                              | 1879  | 3,2             | 10,12                              |
| 1885  | 283              | 11,79                              | 1885  | 2292             | 11,79                              | 1882  | 2,7             | 10,54                              |

Diese Zahlen vermitteln die Thatsache, daß die Zuckerbildung vornehmlich von der Lichtintensität beherrscht wurde. Dieses Resultat steht in Uebereinstimmung mit den Ergebnissen der Versuche *H. Briem's*<sup>2)</sup> und *A. Pagnoul's*<sup>3)</sup>. E. W.

**L. H. Bailey.** Ueber den Schutz der Pflanzen gegen Wind. (A study of windbreaks in their relations to fruit-growing.) Bulletin of the agric. exper. station. Cornell University. Horticultural Departement. IX. September 1889.

Verf. ventilirt in vorliegender Abhandlung die Frage, welchen Einfluß die Anbringung von Baumpflanzungen (windbreaks) zum Schutz von Obstplantagen auf das Wachstum letzterer auszuüben vermag. Zu diesem Zweck versandte er zahlreiche Fragebögen an Besitzer solcher Anlagen. Die eingegangenen Berichte wurden vom Verf. übersichtlich zusammengestellt und seinen Darlegungen zu Grunde gelegt.

Im Endresultat gelangt Verf. zu folgenden Sätzen

1) Ein Windbrecher kann einen großen Einfluß auf das Obstawachstum ausüben.

2) Die Vortheile, welche Windbrecher gewähren, sind folgende: Schutz gegen Kälte, Verringerung der Verdunstung aus Boden und Pflanze, Verminderung des Windbruchs und der mechanischen Beschädigungen der Bäume, Zurückhaltung von Schnee, Erleichterung der Arbeit, Schutz der Blüthen gegen raue Winde, Befähigung der Bäume zu aufrechtem Wachstum, Verminderung des Vertrocknens

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. XII. 1889. S. 423.

<sup>2)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. II. 1879. S. 317. — Bd. IV. 1884. S. 317.

<sup>3)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. V. 1882. S. 496.



zarter Früchte, Zurückhaltung des Sandes in verschiedenen Oertlichkeiten, Beförderung der Fruchtreife in einzelnen Fällen, Erhaltung der Vögel, Verschönerung.

3) Die durch Windbrecher hervorgerufenen Schäden sind folgende: Verhinderung der freien Zirkulation warmer Winde und in Folge dessen Aussetzung der Kälte, Beschädigungen durch Insekten und Pilze, Beschädigungen durch die Eingriffe der Windbrecher selbst, Zunahme der Neigung zu späten Frühjahrsfrösten in selteneren Fällen.

a. Die Beschädigung durch Kälte bei ruhiger Luft ist gewöhnlich auf solche Lokalitäten beschränkt, welche direkt von großen Wasserbecken beeinflusst und durch Waldgürtel geschützt sind. Sie kann durch Anpflanzung lichter Gürtel beseitigt werden.

b. Die Beschädigung durch Insekten kann durch Besprengung mit arsenikhaltigen Giften beseitigt werden.

c. Die Beschädigung durch den Eingriff der Windbrecher kann zum Theil wenigstens verhütet werden durch gute Kultur und durch gleichzeitige Pflanzung der Obstbäume und der Gürtel.

4) Die Windbrecher sind für jede Obstbaumpflanzung vortheilhaft, welche heftigen Winden ausgesetzt ist.

5) In inneren Plätzen sind breite und dichte, aus zwei oder mehr Baumreihen bestehende Gürtel erwünscht, während in Lagen, welche unter dem Einfluß großer Wasserflächen stehen, schmale und lichte Gürtel gewöhnlich vorzuziehen sind.

6) Die besten Bäume für die Anlage der Windbrecher sind in den nordöstlichen Staaten die norwegische Sprossenfichte (spruce) und die österreichische und schottische Fichte unter den immergrünen Bäumen. Eine gemischte Pflanzung von den härtesten und sehr kräftigen, mit abfallenden Blättern versehenen Bäumen an der Windseite eignet sich wahrscheinlich am besten zur Herstellung der Schutzgürtel.

E. W.

**J. Klinge.** Ueber den Einfluß der mittleren Windrichtung auf das Verwachsen der Gewässer, nebst Betrachtung anderer von der Windrichtung abhängiger Vegetationserscheinungen im Ostbaltikum. Botan. Jahrbücher. 1889. Bd. XI. S. 265. — Naturw. Rundschau. 1890. Nr. 5. S. 61.

Alle auf der Erdoberfläche einen Spiegel zeigenden Gewässer sind dem Verwachsen unterworfen. Die Stellen, an denen eine Verwachsung eintritt, müssen vor den stürmenden Einwirkungen von Wind, Wellen und Strömungen geschützt sein. Die Gewächse in stehenden und schwach fließenden Gewässern haben nur die durch den Wind hervorgerufenen Strömungen, die in fließenden außerdem die durch das Gefälle bewirkte Bewegung des Wassers zu überwinden. Da beide Arten von Gewässern außerdem nach Ausdehnungs-, Tiefen-, Uferverhältnissen u. s. w. große Verschiedenheiten zeigen, so hat Verf. sie gesondert behandelt.

**1. Stehende Gewässer.** Hierher gehören alle Teiche, Seen und ähnliche Wasseransammlungen. In Teichen und Tümpeln kommt wegen der geringen Ausdehnung die Wirkung des Windes beim Verwachsen meist nicht in Betracht.

Die Seen im Ostbaltikum sind fast alle von einer mehr oder minder breiten Zone von Grasmoorbildung umschlossen, die an der Südwestseite am mächtigsten

entwickelt ist. Das Südwestufer der ostbaltischen Seen ist stets das verwachsene, das Nordostufer aber bei größerer Seeausbreitung das von der Vegetation unbesiedelte. Die Angriffsseite nun und die Verwachsungsrichtung decken sich vollständig mit der herrschenden Windrichtung.

Ein deutliches Beispiel liefert hierfür der Kirkumäh-See in Livland, der in vergangenen Zeiten um die Hälfte größer war, aber jetzt ganz in den NO-Winkel des früheren Beckens gerückt ist, während W-, SW- und S-Seite von Moorbildung eingenommen werden. Das Ueberwachsen wird von einer Grasmoorbildung eingeleitet. Sie besteht vorzüglich aus Cyperaceen und Carex-Arten, die aber nur in schwacher Zone entwickelt sind. Dahinter folgt eine breitere Zone von 1–3 m Durchmesser, in welcher Grasmoorpflanzen und sekundäre Moosmoorpflanzen um die Alleinherrschaft ringen. Darauf folgt eine bis zu 1 km breite Zone von Moosmoor, die wiederum von einer Zone Grasmoorbildung umgeben wird. Das NO-Ufer des Sees bietet dagegen ein festes sandiges Gestade dar. Doch rückt der Verwachsungsgürtel mit seinen Enden immer näher heran und wird voraussichtlich in ferner Zeit vollständig zu einem geschlossenen Ring sich vereinigen.

Wie der Kirkumäh-See verhalten sich sämtliche ostbaltische Seen, die Verf. auf windseitiges Verwachsen untersucht hat. Aus Beschreibungen über verwachsene Seen im übrigen Europa hat Verf. ähnliche Schlüsse gezogen, so für das Helsingoer-Moor und andere seeländische Moore, den Chiemsee, das Steinhuder Meer, salzburgische Seen u. s. w. Es geht daraus hervor, daß im übrigen Europa die westlichen Ufer der Seen die von der Ufervegetation bevorzugten sind.

Verf. knüpft hieran einige Bemerkungen über das Verhältniß der Moosmoore zu den Grasmoores. Die Moosmoore als supraaquatische, d. h. solche, die unter keinen Umständen bei Gegenwart von tellurischem Wasser und von Kalktheilchen sich entwickeln, können niemals die Moorform sein, die einen See oder ein anderes Gewässer direkt überziehen. Die Moosmoorpflanzen nehmen das Wasser und die mineralische Nahrung nur aus der Atmosphäre auf, sind daher auch subaerische Gebilde. Weiter sind die Moosmoore sogen. «torfstete» Moore, d. h. sie können sich nicht direkt auf ein anorganisches Substrat festsetzen (? D. H.). Sobald aber die Entwicklung der «infraaquatischen» Grasmoorbildungen soweit vorgeschritten ist, daß der Einfluß terrestrischen Wassers und somit die den Moosmoorpflanzen schädliche Einwirkung von Kalktheilchen fortfällt, ist erst die Möglichkeit des Entstehens von Moosmooren auf Grasmoores gegeben. Das Moosmoor wird auch Hochmoor, das Grasmoor Flachmoor genannt.

Das Auftreten des Moosmoores auf Grasmoorbildungen ist denselben Einwirkungen des Windes unterworfen, wie wir es bei dem Verwachsen der Seen durch Moorbildung überhaupt sahen. Ueberall im Ostbaltikum liegen die Ausgangspunkte der Moosmoorbildung, nach dem die infraaquatischen Zustände der Grasmoorbildung aufgehoben sind, dem südwestlichen bezw. westlichen Stande des Grasmoores am nächsten.

Obgleich höhere und steil abfallende Ufer einen breiteren Windschatten erzeugen, so ist dennoch ein flaches Ufer für ein schnelleres Vorschreiten der Verwachsung im Allgemeinen günstiger, da es meist auch eine flache, unterseeische Fortsetzung des Bodenreliefs voraussetzt. Außerdem muß berücksichtigt werden,

daß eine Windschattenzone hinter höheren Steilufern in Folge der an solchen Ufern direkt herabfließenden Luftströmungen häufig gar nicht zu Stande kommt.

Indem das Verwachsen fortschreitet, wird natürlich auch dadurch ein Windschatten erzeugt, der sich in gleicher oder nahezu gleicher Breite der Verwachsungsgrenze anlegt.

Während die Tiefe des Wassers am Ufer eine wichtige Rolle spielt bei der Verwachsung, gilt für die absolute Tiefe des Sees nicht das Gleiche. Ueber der tiefsten Stelle eines Sees, die im Mittelpunkte desselben zu liegen pflegt, befindet sich fast nie der von den Verwachsungsmassen zuletzt noch offen gelassene Rest des Seespiegels, sondern derselbe ist stets zum NO-Ufer hingedrängt.

Beschleunigt wird das Fortschreiten des Verwachsens durch das Einströmen von Flüssen und Bächen, welche eine Menge Detritus im See absetzen. Auch der Wind selbst nimmt einen bedeutenden Antheil an der Zufuhr von allerhand Stoffen, wovon die schwereren natürlich eher abgesetzt und daher dem SW-Ufer reichlicher zugeführt werden als dem NO-Ufer.

Das endliche Ziel der Verwachsung ist die Ueberdeckung des ganzen Gewässers. In welch' vollendeter Weise dies erreicht wird, bezeugt eine große Zahl verwachsener, bzw. überwachsener Seen im Ostbaltikum. Je kleiner der Wasserspiegel wird, um so rascher geht die Verwachsung vor sich. Die Verwachsungszone umschließt endlich von SW her mit etwa  $\frac{3}{4}$  Kreisumfang das Gewässer und schnürt es in immer engere Bande, bis sie sich zu einem vollständigen Kreise schließt. Doch können schon früher am NO-Ufer Neubildungen von lokalisirten Verwachsungen auftreten (in Buchten, auf vorgelagerten Barren und an Inseln, in deren Windschatten die Verwachsungsmassen hinübergreifen). Ferner sind gewisse Gewächse besonders thätig, die Wirkung von Wind und Wellen aufzuheben, was ihnen häufig durch Hervorbringung von inselartigen Verwachsungsstellen am NO-Ufer gelingt. Es sind namentlich *Scirpus lacustris*, *Arundo Phragmites*, *Glyceria aquatica* und *Grappheporum arundinaceum*. Letztere drei wirken auch durch Bildung von Schwingrasen dem Ansturm des Windes und der Wellen entgegen. Ein schönes Beispiel von Schwingrasenbildung bietet der in der Nähe von Dorpat gelegene Keri-Keri-See. Der Schwingrasen zieht sich in 100—200 Fuß mächtigem Gürtel am NO-Ufer in den See hinein, und schwimmt da über 1—4 Fuß tiefem Wasser, welches wiederum auf festem Sandboden ruht, so daß man beim Durchbrechen auf festen Untergrund tritt. Der fest in einander gewebte Schwingrasen vermag allen Wellenbewegungen zu folgen, aber auch dieselben zu schwächen und nach dem Lande hin völlig aufzuheben; dort beginnt dann das eigentliche Verwachsen durch eine Reihe anderer Gewächse. Die den Schwingrasen bildenden Pflanzen erzeugen massenhaft Radizellen, durch welche sie unter einander festgewebt werden, und welche ihnen Nährstoffe aus dem Wasser zuführen.

Verf. erörtert auch die Frage der Windrichtung in postglazialer Zeit und den Wechsel der Wasserstandsverhältnisse. In dem Gesetze des windseitigen Verwachsens der Gewässer findet er den Schlüssel zur Bestimmung des Wechsels mittlerer Windrichtungen sowie gleichzeitig des Wechsels der Wasserstandsverhältnisse der ostbaltischen Seen in den postglazialen Perioden.

**2. Fließende Gewässer.** Bei wenig breiten Gewässern ist die Wellenerzeugung durch Wind nur gering. Dagegen läßt sich bei den größten Fluß-

laufen im Ostbaltikum, sofern ihre Stromrichtung eine nördliche oder südliche oder annähernd eine solche ist, auch der Nachweis über den Einfluß der mittleren Windrichtung beim Verwachsen oder seitlichen Weiterrücken beibringen, denn das windseitige Ufer zeigt häufiger flache Grasmoorbildungen als das gegenüberliegende Ufer.

Der Gegensatz zwischen den gegenüberliegenden Ufern eines Flusses tritt um so deutlicher hervor, wenn eine nicht zu heftige Strömung eines Flusses senkrecht zur Richtung des herrschenden Windes sich stellt, wenn ferner der Fluß eine solche Breite hat, daß der Wind auf dem Spiegel schon bedeutendere Wellen hervorzubringen vermag. Unter diesen Bedingungen rückt der Strom allmählich seitlich fort, indem er das von den Wellen benagte Ufer unterspült, und das unter dem Windschutz liegende Ufer sich verflacht und der Vegetation preisgegeben wird. Bei diesem Vorgange sind jedoch noch mehrere andere Faktoren thätig. Mit der eben wiedergegebenen Darlegung tritt Verf. der Auffassung *C. E. v. Bär's* entgegen, nach welcher das seitliche Fortrücken der im Meridian laufenden Flüsse in unmittelbarer Abhängigkeit von der Erdrotation steht. Dieses sogen. *Bär'sche* Gesetz ist in neuerer Zeit allgemein scharf angegriffen worden. *Bär* hatte seine Schlüsse besonders auf das Verhalten des Ob, des Jenissei und der Wolga gegründet. Verf. schließt sich den Angaben anderer Forscher an, daß die in Sibirien herrschenden Westwinde das Vorrücken der Flüsse nach Osten bedingen. Bei der Wolga wird, nachdem sie ihr großes Knie gemacht hat und nach Süden fließt, das westliche Ufer erodirt, weil im Sommer der NO-Wind herrscht.

Zum Schluß bespricht Verf. noch den Einfluß der mittleren Windrichtung auf andere vegetative Erscheinungen. Hiervon sei nur ein Punkt hervorgehoben. Es ist bekannt, daß die Bäume, welche dem Winde ausgesetzt sind, eine der herrschenden Windrichtung entsprechende geneigte Stellung annehmen. Wie nach *Hanstein* nun fast sämtliche Bäume im nördlichen Deutschland etwas von NW nach SO geneigt sind, so ist diese Abweichung von der Vertikallinie der Bäume im Ostbaltikum zum größten Theile von SW nach NO gerichtet. Die weiteren Mittheilungen beziehen sich auf die Einwirkung der Windrichtung, auf die Ausbildung der Baumkrone und der Jahresringe, die Ansiedelung der Algen, Pilze und Flechten, die Besiedelung durch Samen u. s. w.

*W. Ule.* Ueber die Beziehungen zwischen dem Wasserstand eines Stromes, der Wasserführung desselben und der Niederschlagshöhe im zugehörigen Stromgebiet. Meteor. Zeitschrift. 1890. Heft. 4. S. 127.

Zur Entscheidung der Frage nach säkularen Klimaänderungen werden nicht selten auch die Pegelstände der Flüsse herangezogen. Man geht dabei von der Ansicht aus, daß der Wasserstand in den Flüssen wesentlich von dem klimatischen Zustand des zugehörigen Stromgebietes abhängt. Indessen obwohl diese Meinung eine allgemein verbreitete ist, so treten derselben doch vielfach die Wasserbauingenieure, die ja durch ihre Berufsaufgaben in erster Linie auf eine Erforschung der Ursachen der Wasserstandsänderungen angewiesen sind, mit aller Entschiedenheit entgegen. Besonders hat die Untersuchung *Hagen's* über die Veränderungen der Wasserstände in den preußischen Strömen gezeigt, daß die Wasserhöhe der Flüsse so mannigfaltigen Eingriffen unterworfen ist, daß

man aus derselben einen unanfechtbaren Bescheid über die Ursachen der Wasserstandsänderungen nicht erhalten könne. Selbst ganz unscheinbare Maßnahmen an den Ufern der Flüsse vermögen schon bedeutende Störungen in den Pegelständen hervorzubringen. Abgesehen von dem naturgemäßen Einfluß der Flußkorrekturen sind es vornehmlich Straßen und Eisenbahnanlagen, welche zuweilen dauernd den Wasserstand erhöhen oder erniedrigen. Auch Umwandlungen in der landwirthschaftlichen Bodenbenutzung, vor Allem größere Drainagevorrichtungen müssen wesentlich auf die Höhe des Wasserspiegels einwirken. Weiter kommen die allgemeinen Veränderungen der Vegetation im Stromgebiet hier in Betracht. Größere Entwaldungen beeinflussen zweifellos sowohl die Art, wie die Menge des Wasserabflusses. Alle diese Thatsachen beweisen, daß ein unmittelbarer Schluß vom Pegelstand auf das Klima nicht statthaft ist.

Allein auch dann, wenn das Stromgebiet während der Zeit, über welche sich die Untersuchung erstreckt, keine der obigen Aenderungen erfahren hat, wäre die Heranziehung der Pegelstände zum Nachweis von Klimaänderungen nur zulässig, wenn auch Wasserstand und Wasserführung in einem direkten Verhältniß zu einander stünden, eine Voraussetzung, die in der Wirklichkeit keineswegs erfüllt wird. In der Saale haben zahlreiche Messungen als Mittel bei einem Wasserstand von 1 m einen Abfluß von 45,4 cbm pro Sekunde, dagegen bei 2 m einen solchen von 129,0 cbm und bei 4 m von 350,0 cbm ergeben. Bei doppelt so hohem Wasserstand fließt also fast die dreifache Wassermenge ab. Selbst bei gleichem Wasserstand können ganz verschiedene Mengen Wasser durch das betreffende Querprofil des Flusses hindurchgehen, je nachdem nämlich der Wasserspiegel im Steigen oder Fallen begriffen ist. Am 7. Mai 1887 z. B. betrug bei einem Pegelstand von 2,80 m die Wassermenge pro Sekunde 209,20 cbm, während am 9. Mai darauf bei demselben Wasserstand der Betrag des Abflusses sich nur auf 199,85 cbm belief; am 7. Mai war eben das Wasser im Fallen, am 9. Mai im Steigen begriffen.

Der Einfluß der Thatsache, daß der Wasserstand nicht direkt proportional der Wassermenge ist, macht sich in hohem Maße auch bei Bestimmung der Mittelwerthe für Jahr und Monat geltend. So betrug die dem mittleren Pegelstand der Jahre 1872 bis 1886 entsprechende Wassermenge 3134 Millionen cbm, während dieselbe nach täglicher Bestimmung sich auf 3429 Millionen cbm belief, also um 8% höher war. Diese Abweichungen betragen in einzelnen Jahren bis zu 12%.

Was hier von den Jahresmitteln gesagt ist, gilt noch in viel höherem Maße für die Monatsmittel. Im März 1886 betrug nach dem mittleren Pegelstande dieses Monates die Wassermenge 378 Millionen cbm, nach den täglichen Wasserständen ergab sich dagegen ein Abfluß von 508 Millionen cbm, derselbe übertraf also den ersteren um 34%. Der mittlere Pegelstand im März 1886 betrug 2,13 m, im Dezember des Jahres 2,15 m. Trotz ziemlich gleicher Höhe des Wasserstandes betrug die aus dem täglichen Abfluß berechnete Wassermenge in diesem Monat nur 391 Millionen cbm; die Wassermenge im letzteren Monat war sonach 23% kleiner als die des ersteren. Die Ursache dieser bedeutenden Abweichung ist in den verschiedenartigen Veränderungen des Pegelstandes während der genannten Monate zu suchen. Steigt das Wasser in Folge starker Regen-

güsse oder plötzlicher Schneeschmelze vorübergehend sehr an, so hat ein solcher Vorgang auf die Monatssumme der Wassermenge einen viel größeren Einfluß als auf den mittleren Pegelstand, da ja bei doppelt so hohem Wasserstand beinahe dreimal so viel Wasser abfließt. Bei einem gleichmäßigen Wasserstand während des ganzen Monates kommt die aus dem mittleren Pegelstand gefundene Abflußmenge der wahren Wasserführung des Flusses gleich.

Aus dem angeführten Beispiel geht also hervor, daß auch Veränderungen im Betrage der Abflußmenge keineswegs durch eine Abnahme oder Zunahme des Niederschlages in dem zugehörigen Stromgebiet verursacht zu sein brauchen, daß vielmehr diese auch nur durch Aenderungen in der Beständigkeit und in der zeitlichen Vertheilung der klimatischen Konstanten hervorgerufen werden können. Im Jahre 1886 stand die Wassermenge des Flusses um nahezu 14 % der des Jahres 1884 nach, obwohl die Niederschlagsmenge des Gebietes in letzterem nur 1 % niedriger war als die des ersteren. Die Ursachen dieser Abweichung in der Wasserführung sind darin zu suchen, daß 1884 viel häufiger als 1886 durch heftige Regengüsse stark ansteigende Hochwasser eingetreten sind.

Neben der Häufigkeit und der Größe der Hochwasser machen noch andere Umstände ihren Einfluß auf die Jahresmenge des Wasserabflusses geltend, so z. B. die Zahl der Tage mit hohem Wasserstande.

Uebrigens ist auch die Thatsache, ob einem starken oder heftigen Regenguß eine längere Trockenperiode vorausgegangen ist oder nicht, für die Größe des Abflusses von Belang, denn ein ausgetrockneter Boden saugt einen weit größeren Theil des gefallenen Regenwassers in sich auf als ein bereits durchnässter; von diesem wird ein Regenguß fast ganz zum Abfluß gelangen.

Den größten Einfluß auf die Wasserführung der Flüsse übt die jahreszeitliche Vertheilung des Niederschlages, wenigstens in Gegenden mit andauernden Frostperioden aus, denn der Abfluß des Regens im Winter ist bei uns fast um das Dreifache größer als im Sommer. In der Saale beträgt die Abflußmenge in Prozenten des Niederschlages im Winter 51 %, im Sommer dagegen 17,3 %. Die jährlichen Abflußmengen eines Flusses (also auch der mittlere Pegelstand) spiegeln also mehr die winterlichen als die sommerlichen Niederschlagsverhältnisse ab. Als ein treffliches Beispiel hierfür können folgende Zahlen<sup>1)</sup> dienen:

|              | Jahr.   |         | Winter. |         | Sommer. |      |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|------|
|              | 1882/83 | 1884/85 | 1882/83 | 1884/85 | 1883    | 1885 |
| Niederschlag | 10913   | 10757   | 4441    | 4047    | 6572    | 6710 |
| Abfluß       | 4476    | 3182    | 3340    | 2342    | 1127    | 840. |

Man sieht hieraus, daß der größere Abfluß im Jahre 1882/83 wesentlich darauf zurückzuführen ist, daß in diesem Jahre verhältnißmäßig viel Niederschlag im Winter gefallen ist. Allein wir erkennen zugleich aus dem angeführten Beispiel, daß die verschiedenen Abflußmengen auch noch durch andere Faktoren verursacht sein müssen, denn der Ueberschuß im Winter 1882/83 ist zu bedeutend, als daß er allein durch den größeren Regenfall erklärt werden könnte. Eine Betrachtung der Wasserführung jedes Tages würde uns nun zunächst zeigen, daß in der Zeit von November 1882 bis April 1883 das Wasser der

<sup>1)</sup> Millionen Kubikmeter.

Saale wiederholt sehr rasch und hoch angestiegen ist, was ja, wie oben gesagt, den Betrag des Abflusses wesentlich erhöht. Weiter kommt jedoch hierbei auch noch die Art der Schneeschmelze in Betracht. Der Winter 1882/83 zeichnete sich durch außerordentliche Milde aus. Der Niederschlag ist also in dieser Zeit fast nur als Regen gefallen, oder wenigstens, wenn er als Schnee fiel, sehr bald geschmolzen, so daß derselbe stets zum Abfluß kommen mußte.

Um auch graphisch zu zeigen, wie wenig man aus der Größe der Wassermenge und der Höhe des Pegels auf die Niederschlagsverhältnisse eines Stromgebietes Rückschlüsse ziehen darf, hat Verf. seiner Abhandlung eine Tafel zugefügt. Für die fünfjährigen Perioden 1872/76, 1876/81, 1881/86 betragen die Abweichungen der Mittelwerthe von dem 15jährigen Mittel in Prozenten desselben:

|                    | 1872/76 | 1876/81 | 1881/86 |
|--------------------|---------|---------|---------|
| Pegelstand . . . . | — 10,6  | + 9,2   | + 1,4   |
| Niederschlag . . . | — 5,2   | + 0,2   | + 5,1   |
| Wassermenge . . .  | — 14,8  | + 12,8  | + 1,9.  |

Auch aus diesen Zahlen geht hervor, wie wenig aus den Pegelständen und Wassermengen der Flüsse auf die Niederschlagsböhen geschlossen werden darf. Wenn man nun weiter bedenkt, daß außer den genannten Faktoren auch noch die örtliche Vertheilung des Niederschlages, die Temperatur, der Luftdruck, die Stärke und Richtung des Windes u. s. w. den Betrag des Wasserabflusses zu bestimmen vermögen, so wird man unbedingt den Schluß anerkennen müssen, daß Pegelstand und Wasserführung der Flüsse keineswegs als ein Bild der Niederschlagsverhältnisse im zugehörigen Entwässerungsgebiet gelten können und daß dieselben auch von dem allgemeinen klimatischen Zustand nur dann ein unmittelbarer Ausdruck sind, wenn keine der Eingangs genannten Aenderungen am Flußlaufe stattgefunden haben. *E. W.*

**L. Bombicci.** Ueber die Bildung des Hagels und über die Erscheinungen, welche ihn begleiten. Memorie della R. Accademia delle Scienze dell' Instituto di Bologna. 1888. Ser. 4. T. IX. p. 141. — Naturw. Rundschau. 1890. Nr. 9. S. 108.

Das Wasser kommt bekanntlich in drei verschiedenen Formen im festen Aggregatzustande vor, als Prismen im Eise, als Sterne im Schnee und Kugeln im Hagel. Diese Eigenschaft der verschiedenen Krystallgruppierung theilt das Wasser mit einer Reihe anderer Substanzen und es verhalten sich in krystallogenetischer Beziehung die Hagelkörner zu den Schneesternen und den Eisprismen genau so, wie die sphäroëdrischen und kugeligen Massen vieler Oxyde, Sulfüre, Sulfate, Phosphate, Silikate u. s. w. zu den Einzelkrystallen dieser Körper und zu den zarten sternförmigen Bildungen, die man zuweilen bei diesen Mineralien antrifft. Verfasser hat sich mit diesen verschiedenen Krystallbildungen in längeren Untersuchungen eingehend beschäftigt und ist zu Resultaten gelangt, welche in nachstehendem, die einzelnen Formen der Molekularaggregation charakterisirendem Schema zusammengefaßt sind:

1. Typus. Monopolyëdrisch (Beispiel: ein Rhomboëder von isländischem Spath). In den einzelnen Polyëdern ist die Symmetrie der Molekularanordnung einem gegebenen Axensystem subordinirt. Alle Theilchen, welche zu ihrer Bil-

dung zusammenwirken, orientiren sich mit ihren homologen Elementen im Allgemeinen parallel unter gleichem Abstand ihrer Netzebenen. Hier bilden sich hemitropische und Zwillings-Formen. Dieser Typus ist von den dreien der am häufigsten in den krystallinischen Gesteinen, den Geoden u. s. w. vorkommende.

2. Typus. ~~Hexagonal-lamellar~~ (schneeartig) (Beispiel: ein Schneestern). Die Symmetrie der Anordnung der Krystalltheilchen bildet sich nach drei diagonalen Richtungen in einer Ebene mit hexagonalem Perimeter aus, oder nach den sechs Strahlen des regelmäßigen Sechsecks. Es entstehen aus denselben in den krystallisirten Körpern Gestaltungen feinsten, hexagonalen, vielgliedriger Lamellen, welche „schneeartig“ genannt werden können. Dieser Typus pflegt bis zur Unkenntlichkeit verdeckt zu werden durch die Aggregation seiner Elemente zu komplizirteren Elementen, die zu einer Säule aufgetürmt sind oder zu anderen Orientirungen. Im ersteren Falle streben sie dem ersten Typus zu, im zweiten Falle dem dritten Typus. Nicht selten gruppiren sie sich zu Quirlen von blumentartigem Aussehen zu spiralförmigen oder schneckenförmigen Systemen.

3. Typus. Sphäroëdrisch (hagelförmig) (Beispiel: ein Hagelkorn oder ein Pisolith). Die prismatischen Elemente des 1. Typus gruppiren sich um einen Mittelpunkt mit stark vorwaltender Entwicklung nach der Länge wie die unendlich vielen Stadien einer Kugel. Hieraus entstehen kugelförmige Gebilde mit faserig-strahliger Struktur. Dieser Typus ist in der Natur sehr häufig, namentlich da, wo sich schnelle Niederschläge, Konkretionen u. s. w. unter Bedingungen von andauernder Bewegung bilden.

Bemerkt zu werden verdient, daß der zweite Typus, der im Mineralreich nur selten vertreten ist und seinen Hauptrepräsentanten im Schnee hat, auch als Uebergangsform zwischen dem ersten und dritten Typus aufgefaßt werden kann. Diese rein morphologische Seite der Frage läßt Verf. vorläufig unerörtert und wendet sich nach einer kurzen Beschreibung und Widerlegung der bisherigen Theorien der Hagelbildung zur Darstellung seiner eigenen Theorie.

Wird ein beschränktes Gebiet der Erdoberfläche wegen seiner geographischen Bedingungen unter der Wirkung der Sonnenstrahlen stark erwärmt, so steigt von demselben ein warmer Luftstrom empor, welcher Wasserdampf mit sich reißt und leicht bis in Höhen aufsteigt, wo eine Temperatur unter  $0^{\circ}$  herrscht. Aber schon in geringen Höhen, wo die Temperatur nahe  $0^{\circ}$  ist, entstehen Schichtwolken und Cirren. Wenn die Luft unter  $0^{\circ}$  abgekühlt ist, werden die Cirren und Wolken wahre Schwärme von äußerst feinen Eiskryställchen, welche sich zu Bündeln von Prismen, zu Schneeflockchen und kleinen hexagonalen Sternen vereinigen, die zuweilen ohne zu schmelzen niederfallen können, wie dies in den Wintermonaten der Fall ist.

Diese Umbildung des Wasserdampfes zu Eiswolken bei einer Temperatur unter  $0^{\circ}$  darf als sichere Thatsache hingestellt werden; denn die Luftschiffer haben diese Krystallwolken oft in Höhen von 1200 bis 8000 m angetroffen. Die herunterfallenden Krystalle kommen in wärmere Luftschichten, werden geschmolzen, verdampfen und steigen wieder in die Höhe, um von Neuem zu krystallisiren. Hat man nun eine hinreichend große Menge kleinster Polyëder, gleichsam im Entstehungszustande, die daher sehr geeignet sind, sich in Folge der Molekularanziehungen zusammenzuhäufen und durch Regolation fest an einander zu



schweißen, dann werden jedesmal, wenn aus höheren Schichten kleinste Körnchen herniedersinken, diese die ersten Kerne des Hagels werden, weil ihre Temperatur so viel niedriger ist, daß ihre Oberfläche sofort sich mit einer Eisschicht bezieht. In sehr dicken, krystallinischen Wolken werden sich die ersten Hagelkörner sehr schnell vergrößern durch konzentrische Schichten mit radiärer Anordnung, welche aus kleinen Prismen bestehen, die sich überall treffen, während sie sich verschieben und drehen.

In Betreff der Entstehung der ersten Kerne zur Hagelbildung dankt sich Verf., daß der Wasserdampf, welchen der aufsteigende, ~~warme~~ Luftstrom in die Höhe führt, unter Umständen sehr schnell bis in die höchsten, kältesten Schichten gelangt, wo er nicht regelmäßig zu Prismen oder Sternen gefrieren kann, sondern wo er fast momentan erstarrt und Kügelchen oder Körner bilden muß, in Folge der verworrenen Aneinanderlagerung zu „wässerigem und trockenem Sande“; er bildet eine Menge harter, unförmlicher Eisstückchen, die man von Alpenstürmen her gut kennt. Bei den plötzlichen Kondensationen entwickeln sich ferner elektrische Spannungen, welche bei der Vergrößerung der Körner wegen der relativen Verminderung der Oberfläche eine hohe Intensität erreichen und einerseits das lange Verweilen der Körner in den Eiswolken, andererseits die bei den Hagelfällen stets auftretenden Gewitter erklären.

Eine ganze Reihe von Erscheinungen, welche die Hagelfälle begleiten, erklärt Verf. mit Hilfe seiner Theorie. Es würde hier zu weit führen, auf dieselben einzeln einzugehen; es genüge, sie nur anzuführen. 1. Die Mannigfaltigkeit der Gestaltung, der Struktur und der Größe der Hagelkörner. 2. Die elektrischen Erscheinungen in den Wolken ohne Gewitter, die sogenannten Wärmeblitze. 3. Das Rauschen, das man hört, bevor der Hagel niederfällt. 4. Die intensive Kälte, welche oft dem Hagel folgt. 5. Die Regentropfen, welche seine gewöhnlichen Vorläufer sind, wie die der Sommerregen. 6. Der „Hagelwind“, welcher dem Niederfallen des Hagels vorausgeht. 7. Die Geschwindigkeit der Gewitterwolken bis zu 60 km in der Stunde. 8. Die zerrissenen Fetzen der unteren Theile der Hagelwolke. 9. Die Lokalisierung und Begrenzung der vom Hagel betroffenen Gebiete in langen Streifen. 10. Die äußerste Seltenheit der Hagelwetter in den Wintermonaten und den Nachtstunden. 11. Das Fehlen des Hagels bei den Tropengewittern und in den Ebenen, oder in der Nähe des Meeres. 12. Der mögliche Wechsel zwischen Regen und Hagel, oder ihre Gleichzeitigkeit während desselben Unwetters.

Am Schlusse der Abhandlung macht Verf. Vorschläge zur Verhütung der Hagelschäden, auf welche hier nicht eingegangen werden soll<sup>1)</sup>. Hingegen erscheint es angezeigt, die eigene Zusammenfassung des Verf. zum Abdruck zu bringen:

„Um die Bildung des Hagels zu begreifen, bedarf es somit keiner Annahme außergewöhnlicher Bedingungen; denn es gibt bei diesen Erscheinungen nichts Außergewöhnliches und Ausschließliches; es ist kein Vorrecht des Wassers, sich in Sphäroëdern zu gestalten.

Die Sphäroëder des Wassers nehmen ihre Entstehung in mächtigen Cumuli

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. IX. 1886. S. 244.

oder Nimbi des Wasserdampfes hoch oben in kalten und hohen Schichten der Atmosphäre, ganz analog den Sphäroëdern der anderen Oxyde und der anderen Mineralverbindungen, welche sich bilden in den geschichteten Sediment-Ablagerungen der Erde, in untergetauchten Blöcken, in gekneteten Gängen, in den amorphen Magmen sowohl an der Oberfläche, wie in den tieferen Partien der Erdrinde.

Die sphäroëdrische Modifikation des Zusammenlagerns der Krystalltheilchen nach den radikalen Richtungen einer Kugel reproduziert schließlich mittelst der festen polyëdrischen Elemente die Isotropie der flüssigen Masse. Die Krystallisation, die sphäroëdrisch genannt wurde und charakterisirt ist durch die strahlige Struktur und kugelige oder sphärische Gestalt der Masse, ist ein Ausdruck der Tendenz, welche die krystallisirbaren Massen besitzen, sich isotropisch um einen gemeinsamen Mittelpunkt anzuordnen; diese Tendenz beginnt sich zu zeigen in den Tropfen und Flüssigkeitskugeln, die auf den Flächen rollen, welche sie nicht benetzen, um sich zu vereinen zu pseudokubischen oder pseudoisometrischen Formen, welche wir bereits gegeben sehen, wenn nach den Richtungen der hexäëdrischen oder oktaëdrischen oder dodekaëdrischen Axen, sechs, acht oder zwölf polyëdrische Elemente, die zu irgend einer andern Formengruppe gehören, sich anordnen.

Die Sphäroëdrie ist in jedem Körper möglich, der krystallisiren kann; auch ist sie möglich und ist faktisch sehr häufig in allen Aggregaten von Theilchen, welche unter anderen Umständen und durch Isoorientirung nach Symmetrie-Linien hin um die Koordinatenaxen der Zone unitäre Polyëder und die Zwillinge der gewöhnlichen Krystalle erzeugen könnten.

Für die Sphäroëdrie sind Anregungen 1) die Schnelligkeit des Absetzens und die Uebersättigung der die Krystalle erzeugenden Medien; 2) die Anwesenheit von zusammengeklebten Theilchen, die geeignet sind zur Lieferung von zentralen Kernen für die strahligen und kugeligen Komplexe.

Wenn in den zur Sphäroëdrie neigenden Aggregaten sich drei vorherrschende Richtungen bilden als Symmetrieaxen in zu einander senkrechten Ebenen, so geht die prismatisch strahlige Sphäroëdrie in die pseudokubische Form über.

Die drei morphologischen Typen der Krystallbildung (s. oben) sind in fast allen bedeutenden Krystallspezies des Mineralreichs repräsentirt.

Die innigsten Beziehungen bestehen zwischen den Sphäroëdern des Hagels und derjenigen Modifikation einer großen Zahl eigentlicher Mineralspezies, welche man die hagelförmigen nennen könnte.

Der Hagel ist somit einfach der sphäroëdrische Zustand des gefrorenen Wassers, wie die natürlichen und künstlichen Eiskrystalle in ihren doppelpyramidischen, hexagonalen Prismen (ähnlich denen des Quarzes) sein unitärer und normaler Krystallisationszustand sind, und wie die Schneesterne seine scheibenförmige Modifikation bilden.

Unter den Mineralspezies giebt es sternförmige Formen und Anordnungen, die man nach dieser Vorstellungsweise schneeartige nennen könnte.

Die Theorien, welche man bisher über den Ursprung des Hagels aufgestellt und diskutirt hat, werden widerlegt von Einwänden und Widersprüchen mit den Thatsachen; sie können ferner nur einige der häufigsten Eigenheiten der komplizirten Erscheinung der Hagelwetter erklären.

Hingegen können alle physikalischen, strukturellen und morphologischen Eigenschaften des Hagels, alle Vorläufer-, Begleit- und Folgeerscheinungen, die Verhältnisse der Periodizität, der Topographie, der physischen Beschaffenheit der Wolken vollständig erklärt werden durch die hier aufgestellte Theorie, welche in ähnlicher Weise alle hagel- und schneeförmigen Bildungen der anderen Mineralsubstanzen erklären kann, wodurch jede Vorstellung eines Vorrechtes und einer Ausnahme zu Gunsten der Mineralspezies Wasser ausgeschlossen wird.

Was in hohen Gegenden der Atmosphäre die, Sphäroëdrie veranlaßt (statt der beiden anderen Formen der Krystalltypen), besteht darin, daß auf einer Menge von trockenen und sehr kalten Körnchen gefrorenes Wasser sich niederschlägt in tieferen, weniger kalten und relativ feuchten Schichten, die erfüllt sind von Wolken aus sich bildenden Schneenadeln, welche die Neigung haben, durch Kongelation sich zusammenzuschweißen.

Indem diese Kügelchen in die Legionen von Schneenadeln eindringen, die in Wasserdampf eingehüllt sind, inkrustiren sie sich mit Eis und werden die Kerne für die konzentrischen, fibrösstrahligen oder sphäroëdrischen Hüllen des gefrorenen Wassers.

Der Wasserdampf wird in die großen Höhen der Atmosphäre geführt und daher nach Gegenden, wo die Temperatur sehr niedrig ist, von Säulen warmer, verdünnter Luft, die von Zonen des Landes aufsteigen, welche durch Sonnenwirkung stark erwärmt sind.

Deshalb kann die Erscheinung nur im Sommer und am Tage auftreten, aber sie kann an manchen Orten und in manchen Sommerepochen zeitweise gleichsam eine Periodizität annehmen.

Der elektrische Zustand der Luft kann auf die Bildung des Hagels nur wegen des Grades der elektrischen Ladung Einfluß haben, welche in den einzelnen Schneepismen von der Reibung mit der Luft während ihrer Fortführung durch die Macht des Windes entsteht; daraus entstehen wieder Anziehungen und Orientierungen. Aber die stärksten elektrischen Ladungen der hagelbringenden Gewitterwolken und die begleitenden Blitze sind die nothwendige Folge der Bildung der Hagelkörner. Sie stellen dar das definitive Ergebnis des Zusammenschweißens der Schneepismen und kleinen Körner zu voluminöseren, indem sich dadurch die Oberfläche des festen krystallisirten Wassers vermindert, auf welcher die elektrischen Ladungen ursprünglich vertheilt waren.

Die Regelation, als Erscheinung, die nicht bloß von der Temperatur des Erstarrens abhängt, sondern auch von der Isoorientirung der Moleküle auf den angrenzenden Flächen des Eises, in dem sie stattfindet, ist ein wesentliches Moment bei der Bildung der sphäroidalen und sehr oft vielfachen Körner des Hagels. Es scheint mir die Behauptung möglich zu sein, daß in der Theorie der Regelation die krystallbildenden Orientierungen und die Funktion des Wassers als Bindemittel bei der Bildung der Krystalle der verschiedenen Substanzen eine sehr hohe Bedeutung einnehmen werden.“

**A. Bühler.** Der Einfluß der Bodenkonfiguration und des Waldes auf die Hagelhäufigkeit. Aus: Die Hagelbeschädigungen in Württemberg während der 60 Jahre 1828—1887. Sonderabdruck aus den Württembergischen Jahrbüchern für Statistik und Landeskunde. 1888. Stuttgart 1890.

Der vorliegenden umfangreichen Arbeit entnehmen wir an dieser Stelle die den Einfluß der Bodenkonfiguration und des Waldes auf die Hagelhäufigkeit betreffenden Daten.

Ersteren Punkt anlangend, ergibt sich bei Berücksichtigung derjenigen Gemeinden, welche am meisten verhagelt sind, daß dieselben an Bergabhängen liegen, welche eine südwestliche, westliche oder nordwestliche Exposition haben. Dies gilt sowohl von den Gemeinden, welche an den Zugstraßen der Gewitter liegen, als auch von jenen, welche nur durch lokale Hagelfälle beschädigt wurden. Die Markungen der letzteren Art sind im Nordosten, Osten oder Südosten von einer ringförmigen Berg- oder Hügelkette umgeben. Die ersteren liegen auf dem höchsten Rücken der ganzen Gegend, welcher dem Zuge der Gewitter in den Weg tritt und dem Hagelfall gewöhnlich eine Grenze setzt, oder sie liegen im Kreuzungspunkte verschiedener Zugstraßen.

Gemeinsam ist allen die Wirkung eines Höhenrückens oder einer Berghalde auf die heranziehenden Luftschichten. Diese Wirkung kann nur in einer Stauung der unteren Luftschichten bestehen. Ein Theil der Luftschichten wird zum Aufsteigen am Hange gezwungen. Dadurch wird eine Erniedrigung der Temperatur herbeigeführt. Diese kann, da die Hänge in der Regel nur 2—400 m hoch sind, nicht mehr als 2—4° C. betragen.

Durch diese Wirkung des Höhenzuges wird ferner eine verschiedene Geschwindigkeit der Bewegung der unteren und der oberen Luftschichten hervorgerufen und es darf angenommen werden, daß — wie in einem Flusse durch Steine u. s. w. — Wirbel und Trichter im Luftmeere entstehen, und daß eine Vermischung verschiedener Luftschichten von verschiedener Temperatur damit verbunden ist.

Die am wenigsten verhagelten Gemeinden sind am zahlreichsten am Osthange des Schwarzwaldes vertreten. Auch die übrigen im Lande zerstreuten und verschonten Gemeinden liegen östlich, sowie süd- und nordöstlich von Höhenzügen. Manche der verschonten Gemeinden liegen in tiefen, von Süd nach Nord verlaufenden schmalen Thälern.

Die tieferen Luftschichten werden manchmal nicht von der Bewegung der höheren ergriffen und diese letzteren erwärmen sich beim Hinabsinken.

Faßt man endlich noch allgemein die Gebiete des geringeren Schades in's Auge, so sind es hauptsächlich die nur geringe Höhendifferenzen zeigenden und daher keine Stauungen verursachenden Ebenen östlich vom Schwarzwald. In diesem Gebiete finden sich eine oder mehrere Gemeinden, welche öfter als die anderen betroffen werden; es sind stets solche, welche durch ihre höhere Lage über das übrige Gelände hervorragen. Sie bestätigen also den Satz, daß die Lage ein wesentlicher Faktor in der Hagelhäufigkeit ist.

Da nun die weitaus meisten Gewitter von SW, W und NW kommen, so sind die westlich exponirten Hänge mehr gefährdet als die anderen. Bei Gewittern, die von Osten kommen, wird das umgekehrte Verhältniß eintreten. Leider ist eine Ausscheidung der Gewitter nach der Himmelsrichtung nicht möglich. Es muß also dahingestellt bleiben, welcher Theil der Beschädigung von Gewittern herrührt, welche von O nach W gezogen sind.

Dieser Einfluß der Bodengestaltung, welcher in großen Zügen unzweifelhaft zu Tage tritt, muß sich auch im Kleinen geltend machen. Auf ihn werden sich

die verschiedenen, auf kurze Strecken wechselnden Hagelhäufigkeiten wohl in den meisten Fällen zurückführen lassen.

Die hierzu nöthige Detailkenntniß kann eine einzelne Person nicht erwerben; schon wegen des nachfolgenden Faktors der Richtung der Gewitterzüge sind lokale Beobachtungen nöthig. In jeder Gemeinde giebt es einzelne Fluren, die vorherrschend geschützt und gefährdet sind. Genaue kartographische Darstellung des Schadens wird ohne Zweifel über diese Unterschiede Aufschluß geben. Es scheint, daß schon Erhebungen des Bodens von 20—50 m von Einfluß sind.

Wenn die Gestaltung der Bodenoberfläche einen entscheidenden Einfluß auf die Hagelhäufigkeit hat, so wäre die Anwendung von Gegenmitteln ausgeschlossen. Es ist aber von mehreren Seiten auf den Einfluß der Bewaldung auf die Hagelhäufigkeit hingewiesen worden<sup>1)</sup>. Auch bei früheren Bearbeitungen der württembergischen Hagelstatistik ist der Einfluß des Waldes hervorgehoben worden. Man hat aus der geringen Beschädigung des Schwarzwaldes, der Haller und Ellwanger Berge, sowie Oberschwabens und aus der größeren Hagelhäufigkeit der Alb, des Schurwaldes u. s. w. geschlossen, daß in den Nadelholzgegenden die Hagelbeschädigung geringer sei als im Laubholzgebiete. Dabei hat man allerdings übersehen, daß die wenig gefährdeten Gebiete im Norden und Nordosten des Landes und das Plateau der Alb ebenfalls fast nur mit Laubholz bedeckt sind, und daß andererseits auch innerhalb des Nadelholzgebietes einzelne stark verhagelte Gemeinden sich finden.

Nachdem nun das gesammte thatsächliche Material über die Hagelverhältnisse jeder einzelnen Gemeinde vorliegt, können diese mit den Bewaldungsverhältnissen verglichen werden. Es wird bei der Untersuchung des Einflusses des Waldes festgehalten werden müssen, daß der Wald nicht der allein wirksame Faktor sein kann, sondern daß er im Bunde mit anderen Faktoren seinen Einfluß geltend machen wird; daß es sich also vielfach nur darum handeln kann, festzustellen, welche Rolle (ob eine entscheidende oder eine geringfügige) der Wald neben den übrigen Faktoren spielt. Sodann ist der Umstand nicht zu vergessen, daß der Wald, der auf hügeligem und bergigem Terrain stockt, nie allein zur Wirkung gelangen kann, daß sein Einfluß nur in großen Ebenen isolirt untersucht werden könnte. Endlich ist der Wald nicht, wie der Hügel oder Berg, ein konstant und gleichmäßig wirksamer Faktor, weil innerhalb der geometrischen Waldfläche altes und hohes Holz neben jungem und niedrigem, sowie neben kahlen Stellen sich befindet und diese Vertheilung so zu sagen von Jahr zu Jahr wechselt.

Man darf den Wald allerdings als ein Hinderniß für die Fortbewegung der Luftschichten betrachten. Allein dies ist nicht in gleicher Weise wie beim Berge der Fall. Der letztere staut die Luftschichten und zwingt sie zum Emporsteigen; der Wald dagegen gestattet ihnen den Durchgang, nur wird ihre Geschwindigkeit je nach der Art des Waldbestandes in größerem oder geringerem Grade verlangsamt.

In einer Tabelle werden vom Verf. die Bezirke einerseits nach dem Bewaldungsprozent, andererseits nach der Zahl der Hageltage aneinandergereiht und gleichzeitig die Zahl der Hageltage resp. das Bewaldungsprozent aufgeführt.

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. IV. 1881. S. 325.

Es ergibt sich nun mit voller Deutlichkeit, daß ein bestimmtes Verhältniß zwischen Bewaldung und Hagelhäufigkeit nicht zu erkennen ist. Die am besten und die am schlechtesten bewaldeten Bezirke zeigen fast die gleiche Anzahl der Hagelfälle. Ebenso ist bei fast gleicher Bewaldung die Zahl der Hagelfälle sehr wechselnd. Im Allgemeinen läßt sich also ein Zusammenhang zwischen Bewaldung und Hagelhäufigkeit nicht nachweisen<sup>1)</sup>. Die Annahme, daß der Wald allgemein die Bildung von Hagelwettern verhindere oder wenigstens erschwere, findet in den Zahlreihen keine Bestätigung.

Da der Einfluß der Gestaltung des Terrains außer Zweifel steht, muß das Land in kleinere Gruppen getheilt werden, innerhalb welcher, soweit dies überhaupt durchführbar ist, Bezirke mit gleichen oder wenigstens ähnlichen Terrainverhältnissen und wechselnder Bewaldung zusammengefaßt sind. Da auf die Gestaltung der Oberfläche die geologische Formation wesentlichen Einfluß übt, so wird die Gruppierung hauptsächlich nach diesem Gesichtspunkte vorzunehmen sein. Der bunte Sandstein des Schwarzwaldes und der Jura der Alb u. s. w. stellen die eigentlichen Gebirgszüge mit Berghalden von 600 m und darüber Erhebung über das Thal dar. Das Hügelland ist hauptsächlich im Keuper vertreten; niedriger, kleiner und zerstreuter sind die Hügel des Molassegebietes. Große Ebenen finden wir hauptsächlich im Muschelkalkgebiete; kleinere ebene Flächen sind fast in jeder Formation vorhanden. Innerhalb der auf diese Weise gebildeten kleineren Gruppen untersucht nun Verf. den Einfluß des Waldes auf die Hagelhäufigkeit. Mit Umgehung des angeführten Zahlenmaterials mögen nur die wichtigeren Schlußfolgerungen hier eine Stelle finden.

a. Das am stärksten bewaldete Gebiet ist dasjenige des Schwarzwaldes. Die betreffenden, am Osthang, in einem vor Hagel sehr geschützten Gebiete liegenden Bezirke lassen mit der Abnahme der Bewaldung eine Zunahme der Hagelfälle erkennen.

b. Das am schwächsten bewaldete Gebiet (Ludwigsburg, Cannstatt, Besigheim, Waiblingen, Heilbronn, Vaihingen) ist dem Hagel nicht mehr ausgesetzt als jenes sub a: es gehört vielmehr der am geringsten bewaldete Theil des Landes zu den am wenigsten verhagelten Württembergs.

c. Im Nordosten des Landes liegt ein weiteres gering bewaldetes Gebiet (Gerabronn, Oehringen, Hall, Mergentheim, Künzelsau). Dasselbe schließt sich an das vorige unmittelbar an, so daß wir 11 Bezirke mit der geringsten Waldfläche des Landes und zugleich mit den wenigsten Hagelfällen haben.

d. Ein zusammenhängendes Gebiet mit geringer Bewaldung bilden ferner die oberschwäbischen Bezirke südlich der Donau bis zum Bodensee. Bei fast gleicher Bewaldung schwankt in diesen die Zahl der Hagelfälle von 20—51.

e. An die oberschwäbischen Bezirke schließen sich die am Südabhang der Alb sich hinziehenden Oberämter (Ulm, Ehingen, Riedlingen, Münsingen, Blaubeuren) an. Bei mittlerer Bewaldung gehören diese Bezirke zu den am meisten verhagelten des Landes.

<sup>1)</sup> Vergl. die Beobachtungen von F. Horn und C. Lang. Diese Zeitschrift. Bd. XII. 1889. S. 380.

f. Die am Nordabhang und theilweise auf dem Plateau des Jura liegenden Bezirke (Rottweil, Balingen, Spaichingen, Sulz, Oberndorf, Tuttlingen), welche theilweise an der Neckarzugstraße gelegen sind, zeigen, daß mit der Zunahme des Waldes im Allgemeinen eine Abnahme der Hagelfälle eintritt.

g. Der Nordabhang der Alb bis zum Filsthal. Die theils im Neckarthal und auf den dasselbe nördlich abschließenden Hügeln, theils am Nordabhange und auf dem Plateau liegenden Oberämter theilen mit dem Südabhang der Alb die gute Bewaldung und die hohe Hagelgefahr.

h. Der östliche Theil des Jura: Aalbuch und Härtdtsfeld, Neresheim, Heidenheim.

i. Theilweise noch Juragebiet enthalten: Gmünd, Ellwangen und Aalen.

Bei geringerer Bewaldung als in den anstoßenden Bezirken Heidenheim und Neresheim sinkt in dieser Gruppe die Zahl der Hagelfälle sehr erheblich.

k. Im Herzen des Landes liegt das große, zusammenhängende Waldgebiet der Keuperlandschaft. Im Allgemeinen ist die Hagelgefahr eine geringe.

l. Zwischen diesem Waldgebiet und demjenigen des Schwarzwaldes, theils eben, theils von bewaldeten Keupperrücken durchzogen, liegen: Eßlingen, Leonberg, Herrenberg, Marbach, Stuttgart, Böblingen. Die hohe Hagelhäufigkeit in diesen Bezirken bei mittlerer Bewaldung zeigt sich insbesondere in den Zahlen bei den einzelnen Gemeinden.

m. An der Westgrenze des Landes nördlich des Schwarzwaldes liegen: Neckarsulm, Brackenheim, Maulbronn, Weinsberg. Bezüglich der Hagelhäufigkeit reihen sich diese Bezirke an die schwach verhagelte Gruppe b an; sie haben aber weit höhere Bewaldung als die Bezirke der Gruppe b.

Für Gruppe a. und f. ergibt sich, daß mit Zunahme der Bewaldung die Hagelfälle abnehmen. Aus diesem thatsächlichen Verhältnisse darf aber nicht sofort ein Kausalverhältniß abgeleitet und ganz allgemein gefolgert werden: also vermindert der Wald die Hagelgefahr. Denn wenn dieser Schluß richtig wäre, müßte auch in den anderen Gruppen das Verhältniß wiederkehren. Dies ist aber nicht der Fall. Es liegt deshalb die Vermuthung nahe, daß noch andere Ursachen wirksam sein müssen, daß also die Bewaldung nicht als einziger oder auch nur als ausschlaggebender Faktor betrachtet werden dürfe.

Die statistischen Veröffentlichungen über die Flächenantheile der Bodenkulturarten gestatten nur eine Vergleichung der ganzen Bezirke. Dabei kann aber nur die absolute und relative Waldfläche des Bezirks zur Vergleichung benutzt werden. Die Vertheilung des Waldes über den Bezirk hin, die Gruppierung in größere oder kleinere Komplexe, das Anhäufen des Waldes in einem, die Entwaldung im anderen Theil eines Bezirkes, die Lage in der Ebene oder am Hange kommen in den statistischen Ziffern nicht zum Ausdruck. Bei dem vielfach rein lokalen Charakter des Hagelschadens werden aber diese Verhältnisse nicht außer Acht bleiben dürfen.

Eine von *Hochdanz* angefertigte Waldkarte von Württemberg gestattet, die Hagelschläge in den einzelnen Gemeinden mit den Waldverhältnissen der nächsten Umgebung zu vergleichen. Diese Vergleichung wird in mehrfacher Richtung ausgeführt werden können. Einmal können die Hagelschäden in der Nähe sehr großer Waldkomplexe, insbesondere der südlich und westlich, sowie nördlich oder

östlich von solchen gelegenen Gemeinden untersucht werden. Sodann kann bei weiterhin sich erstreckenden Hagelwettern festgestellt werden, ob sie durch große Waldkomplexe in ihrem Verlauf beeinflußt, abgelenkt, oder auch ob durch solche eine Unterbrechung im Hagelschaden eingetreten ist.

Ein ganz genauer Entscheid wird sich aus der bisherigen Statistik nicht ableiten lassen, weil auf einer Markung manchmal nur ganz bestimmte Gelände getroffen werden, welche in der Tabelle nicht dargestellt sind. Auf so detaillirte Verhältnisse kann sich aber nur das Lokalstudium einlassen.

Die Untersuchung der großen zusammenhängenden Hagelstriche ergibt Folgendes: Die Richtung derselben ist in den weitaus meisten Fällen eine gerade; der Hagelschaden ist in der Regel ein ununterbrochener. Wenn dann und wann eine Markung verschont geblieben ist, so zeigt die Untersuchung, daß diese verschonten Markungen bald im bewaldeten, bald im unbewaldeten Gebiete liegen. Im Uebrigen wird der Fall sich manchmal ereignen, daß das Hagelwetter über den bewaldeten Theil einer Markung wegzieht und im Walde schadet. Die Gemeinde ist also nicht verschont geblieben; der Schaden kommt aber nicht zur Anmeldung. Bei großen Hagelzügen ist ein Einfluß der Bewaldung auf den Verlauf der Hagelgewitter nicht nachweisbar; sie ziehen fast immer in gerader Linie über bewaldete und unbewaldete Gebiete.

Beim Studium des Einflusses großer Waldkomplexe auf die Häufigkeit des Hagelfalles in benachbarten Gemeinden erhebt sich die Schwierigkeit, daß die Waldungen vielfach die Anhöhen, Bergkuppen und Abhänge bedecken. Man kann also nicht immer den Einfluß des Waldes an sich erkennen, sondern man hat es meistens mit den Einflüssen von Berg und Wald zusammen zu thun.

Die Wirkung eines großen Waldkomplexes kann darin bestehen, daß die östlich von ihm liegenden Gemeinden weniger getroffen werden als die westlich gelegenen; dann würde der Wald direkt vor Hagel schützen. Um hierin sicher zu gehen, werden für mehrere hierzu geeignete Waldkomplexe die Hagelhäufigkeit in den westlich und östlich von denselben liegenden Gemeinden mit einander verglichen. Diese sämtlichen Orte lassen keinerlei bestimmten Einfluß des Waldes auf die Hagelhäufigkeit erkennen. Die östlich gelegenen Gemeinden haben bald mehr, bald gleich viel, bald weniger Hagelfälle aufzuweisen als die westlich des Waldes gelegenen Gemeinden. Sogar ganz vom Walde eingeschlossene Ortschaften haben zahlreiche Hagelfälle.

Bei den meisten verhagelten Gemeinden liegt der Wald meistens westlich oder nördlich vom Hagelgebiete; dieses wird östlich in der Regel durch bewaldete Höhenzüge abgeschlossen. Die große Zahl der Hagelfälle ist aber nicht dem Walde, sondern dem Berghange zuzuschreiben, sowohl bei den einzelnen Gemeinden als beim Süd- und Nordabhang der Alb u. s. w.

In den vorhin erwähnten Fällen ist stets angenommen worden, daß die Gewitter von Westen kommen. Da ausnahmsweise auch solche von Norden und Osten heranziehen, so würde in diesen Fällen der Einfluß des Waldes in umgekehrter Richtung sich geltend machen.

Würde endlich ein Hagelwetter durch den Wald in seinem Lauf abgelenkt, so würde der Schaden nicht überhaupt verhindert werden, sondern er würde nur in anderer Weise über ein Gebiet sich vertheilen.

E. W.



**J. Atken.** Ueber die Zahl der Staubtheilchen in der Atmosphäre verschiedener Orte in Großbritannien und auf dem Kontinent, mit Bemerkungen über die Beziehungen zwischen der Staubmenge und den meteorologischen Erscheinungen. Nature. 1890. Vol. XLI. p. 394. — Naturw. Rundschau. 1890. Nr. 17. S. 211.

Der Apparat, welchen Verf. zur Zählung der Staubtheilchen sich vor zwei Jahren konstruirt hatte<sup>1)</sup>, hatte eine handliche Umwandlung erfahren, welche seinen Gebrauch auf Reisen erleichterte. Hierdurch war es möglich, an den verschiedensten Orten über 200 Untersuchungen auszuführen, welche schon statistisch von Interesse sind, aber noch besondere Bedeutung durch die Beziehung zwischen der Anzahl der Staubtheilchen und den meteorologischen Verhältnissen zur Zeit ihrer Ermittlung erlangen<sup>2)</sup>.

Die erste Beobachtungsreihe wurde in Hyères angestellt, etwa 2 engl. Meilen vom Mittelmeer. Die Messungen wurden auf einem 1000 Fuß hohen Hügel gemacht. An verschiedenen Tagen schwankten die Staubtheilchen von 3550—25000 pro ccm; letztere Zahl wurde beobachtet, wenn der Wind direkt von dem 9 Meilen entfernten Toulon kam.

Die nächste Station war Cannes, wo die Beobachtungen auf dem Gipfel des La Croix des Gardes gemacht wurden. Die Zahl schwankte von 1550 pro ccm, wenn der Wind vom Bergdistrikt wehte; bis 150000, wenn er aus der Stadt kam.

In Mentone schwankte die Zahl von 1200 pro ccm in der Luft von den Hügeln bis 7200 in der aus der Richtung der Stadt kommenden Luft.

Die Luft, welche vom Mittelmeer her nach den Küsten kam, wurde an drei verschiedenen Orten geprüft, in La Plage, Cannes und Mentone. In keinem Falle war die Staubmenge klein; der kleinste Werth war 1800 pro ccm, der höchste 10000.

Auch in Bellagio und Baveno an den italienischen Seen wurden Beobachtungen angestellt. An beiden Stationen war die Zahl stets groß, gewöhnlich zwischen 3000 und 10000 pro ccm. Diese hohe Zahl rührte vom Winde her, der während der Beobachtungen schwach und südlich war, d. h. aus den bevölkerten Theilen der Gegend kam. Kleinere Zahlen wurden beobachtet beim Eintritt in den Simplon-Paß und zu Locarno, an welch' beiden Orten der Wind aus den Bergen kam, als die Prüfungen gemacht wurden.

Ein mehrtägiger Aufenthalt wurde auf Rigi-Kulm genommen. Am ersten Tage, 21. Mai, war der Gipfel des Gebirges in Wolken gehüllt und die Zahl der Staubtheilchen betrug nur 210 pro ccm. Am nächsten Tage war die Zahl allmählich auf etwas über 2000 angewachsen; dann nahm sie allmählich wieder ab bis auf etwas über 500 pro ccm, am 25. Mai um 10<sup>h</sup> a. Beim Abstieg nach Vitznau wurde am selben Tage die Zahl von etwa 600 pro ccm am Mittage, und am Nachmittage an einer Stelle etwa 1 Meile oberhalb des Luzerner Sees war die Zahl 650 pro ccm.

Die meisten Beobachtungen, die in der Schweizer Luft gemacht wurden, zeigten, daß diese verhältnißmäßig frei von Staub ist. Dies rührt wahrscheinlich von den weiten Bergdistrikten her, die sich nach allen Richtungen erstrecken.

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. XII. 1889. S. 186.

<sup>2)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. V. 1882. S. 142.

Verf. meint, daß die Klarheit und die Pracht der Schweizer Luft zum großen Theil von dem geringen Staubgehalt herrührt.

Am 29. Mai stellte Verf. Untersuchungen auf dem Eiffelthurm in Paris an. Das Wetter war wolkig und stürmisch bei Südwind. Die meisten Beobachtungen wurden auf dem Gipfel des Thurmes gemacht, oberhalb der obersten Plattform und gerade unter der Laterne für das elektrische Licht. Die Zahl der Staubtheilchen änderte sich sehr schnell in dieser Höhe, ein Beweis, daß die unreine Stadtluft sehr ungleichmäßig vertheilt war in der oberen Luft und daß sie in großen Mengen in die reinere, obere Luft aufstieg. Zwischen 10<sup>h</sup> a. m. und 1<sup>h</sup> p. m. waren die extremsten beobachteten Zahlen 104 000 und 226 pro ccm. Die letztere Zahl wurde erhalten, während eine Regenwolke über dem Thurm stand und der herabfallende Regen die Stadtluft niederschlagen schien. Die niedrige Zahl hielt einige Zeit an und war ziemlich konstant während der Zeit, die zu 10 Proben erforderlich war.

Am selben Tage wurde die Pariser Luft zu ebener Erde untersucht im Garten des meteorologischen Instituts in der Rue de l'Université. Die Zahl schwankte zwischen 210 000 und 160 000 pro ccm.

Nur wenige Prüfungen sind mit der Londoner Luft am 1. Juni gemacht; die vom Battersea-Park bei frischem Südwestwinde kommende Luft enthielt zwischen 116 000 und 48 000 pro ccm. Verf. legt wenig Werth auf Untersuchungen der Stadtluft, da das Resultat zu sehr von der nächsten Umgebung abhängt.

In Schottland wurden an drei Stationen Beobachtungen in Perioden von zwei bis drei Wochen gemacht und zwar in Kingairloch an der Küste von Loch Linnhe etwa 14 Meilen nördlich von Oban, zu Alford in Aberdeenshire, 2 Meilen von diesem Dorfe entfernt und an einer Stelle 6 Meilen nordwestlich von Dumfries. In Kingairloch schwankte die Zahl zwischen 205 und 4000 pro ccm, in Alford von 530 bis 5700 und in Dumfries von 235 bis 11 500 pro ccm. Diese drei Stationen waren in guter Landluft gelegen.

Endlich sind Beobachtungen angestellt auf dem Gipfel des Ben Nevis am 1. August, wo die Zahlen 335 pro ccm und 1<sup>h</sup> p. m. und 473 zwei Stunden später gefunden wurden. Auf dem Gipfel des Callievar in Aberdeenshire war am 9. September die Zahl zuerst 262 und stieg in zwei Stunden auf 475 pro ccm.

Etwa 200 Staubtheilchen pro ccm sind sonach die niedrigste bisher beobachtete Zahl; aber wir haben kein Mittel, zu entscheiden, ob dies die niedrigst mögliche ist, oder wie viel von ihnen irdischen und wie viel kosmischen Ursprungs sind, entstanden aus den Millionen von Metoren, die täglich in unsere Atmosphäre fallen. Selbst in den oberen Schichten scheint Staub zu existiren, da Wolken sich in großen Höhen bilden<sup>1)</sup>.

Die Wirkung des Staubes auf die Durchsichtigkeit der Luft wird sodann erörtert und gezeigt, daß letztere von der Menge des Staubes abhängt, daß aber die Wirkung des Staubes durch die Feuchtigkeit der Luft modifizirt wird. Bei viel Staub ist in der Regel die Durchsichtigkeit gering; aber es wird hervorgehoben, daß Luft selbst bei 5000 Theilchen pro ccm klar sein kann, wenn sie so trocken ist, daß sie das feuchte Thermometer um 10° erniedrigt. Vergleicht

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. V. 1882. S. 142.

man Tage mit gleichen Staubmengen, so findet man, daß die Durchsichtigkeit mit der Feuchtigkeit schwankt; von zwei Tagen mit gleichem Staub war der eine mit einer Erniedrigung des feuchten Thermometers um  $13^{\circ}$  klar, während der andere mit einer Thermometerdepression von nur  $2^{\circ}$  eine sehr dicke Luft hatte.

Um die Wirkung der Staubtheilchen auf die Durchsichtigkeit nachzuweisen, wurde eine Anzahl von Tagen mit gleicher Feuchtigkeit zusammengestellt; mit 550 Theilchen war die Luft klar, mit 814 mittelklar und 1900 dick. Beide Einflüsse, die Zahl der Staubtheilchen und die Feuchtigkeit, vermindern die Durchsichtigkeit. Die Feuchtigkeit allein scheint zwar keinen Einfluß auf die Durchsichtigkeit der Luft zu haben, aber sie steigert die Wirkung des Staubes, indem sie die Größe der Theilchen erhöht.

Durch die Temperatur wird die modifizierende Wirkung der Feuchtigkeit beeinflusst. Dieselbe Depression des feuchten Thermometers, welche mit einer bestimmten Zahl von Staubtheilchen eine dicke Luft bei einer Temperatur von  $60^{\circ}$  F. geben würde, wird eine klarere Luft geben, wenn die Temperatur niedriger ist. Die gesteigerte Verdickung der Luft bei höheren Temperaturen rührt von dem gesteigerten Dampfdruck her, welcher es gestattet, daß die Theilchen mehr Feuchtigkeit anziehen. Diese Bemerkungen beziehen sich auf trockene Luft, d. h. solche, welche das feuchte Thermometer sinken läßt.

Aus der Diskussion der gesammten Beobachtungen wird der Schluß abgeleitet, daß der Staub in der Atmosphäre den Dampf zu condensiren beginnt, lange bevor die Luft auf ihren Thaupunkt abgekühlt ist. Es scheint wahrscheinlich, daß bei allen Feuchtigkeitsgraden der Staub etwas Feuchtigkeit festhält, und daß bei zunehmender Feuchtigkeit die Beladung mit Feuchtigkeit wächst.

Die Beziehung des Staubes zur Luftdruckvertheilung wird darauf untersucht, ob die Cyklonen- oder Anticyklonen-Gebiete mehr Staub enthalten. Es zeigte sich, daß in letzteren mehr Staub sich befindet. Eine Deutung dieses Verhaltens bietet der Umstand, daß die Menge des Staubes abhängt von der Größe des zeitigen Windes, und da in den Anticyklonen wenig Wind herrscht, haben sie viel Staub. Die Kurven, welche für jeden Tag die Staubmenge und die Windgeschwindigkeit angeben, zeigen eine innige Beziehung zu einander; wenn die eine steigt, sinkt die andere. Wenn die Umgebung des Beobachtungsortes nicht ganz frei ist, erleiden diese Beziehungen Störungen; aus verunreinigter Gegend wehender Wind wird immer Staubtheilchen mitführen, selbst wenn er sehr stark ist.

In allen untersuchten Nebeln wurde die Staubmenge groß gefunden. Dies war zu erwarten aus Betrachtung der Bedingungen, unter denen der Nebel sich bildet. Eine nothwendige Bedingung ist Ruhe der Luft. Wenn aber die Luft ruhig ist, häufen sich Staub und Feuchtigkeit an und der Staub erniedrigt durch Steigerung der Strahlungsfähigkeit der Luft bald ihre Temperatur und veranlaßt, daß der Dampf auf dem Staube sich condensirt und einen Nebel bildet. Die Dicke des Nebels scheint zum Theil bedingt zu sein von der Menge des vorhandenen Staubes. Daher sind Stadtnebel dichter als ländliche. Die größere Menge Staub in der Stadtluft kann die Ursache der größeren Häufigkeit der Nebel in der Stadt sein.

Am Ende der Abhandlung werden einige Beziehungen hervorgehoben zwischen der Menge des Staubes und der Temperatur zur Zeit der Beobachtungen: es zeigt sich, daß da, wo eine große Menge Staub, auch eine hohe Temperatur war, und daran werden einige Spekulationen über die Wirkung des Staubes auf das Klima geknüpft. Aber gleichzeitig wird betont, daß die Beobachtungen viel zu spärlich und unvollkommen sind, um eine Grundlage für irgend welchen sicheren Schluß über diesen Gegenstand zu bieten.

**L. Nlosvay de N. Nlosva.** Bildet sich Ozon oder Wasserstoffsperoxyd bei lebhafter Verbrennung? Kommen Ozon und Wasserstoffsperoxyd in der Luft vor? Bull. de la soc. chim. de Paris. 1889. Ser. 3. T. II. p. 360 u. 377. — Naturw. Rundschau. 1890. Nr. 3. S. 37.

Die schon so vielfach behandelte Frage nach der Bildung von Ozon und Wasserstoffsperoxyd bei den Verbrennungsprozessen und nach dem normalen Vorkommen dieser beiden Gase in der Atmosphäre hat von Seiten des Verf. eine neue eingehende Bearbeitung gefunden. Nachdem er die große Mannigfaltigkeit der hierüber aufgestellten Behauptungen durch kurze literarische Zitate nachgewiesen, behandelt er sehr ausführlich die verschiedenen zum Nachweise des Ozons und des Wasserstoffsperoxyds vorgeschlagenen und benutzten Reaktionen, deren Unzuverlässigkeit im Einzelnen übrigens hinreichend bekannt ist, und welche nur in ihrer Gesamtheit ein bestimmtes Urtheil über die Anwesenheit der betreffenden Gase oder der manche Reaktionen mit ihnen theilenden verschiedenen Oxyde des Stickstoffes gestatten.

Nachdem die Reaktionen geprüft waren, ging Verf. an die Ausführung der Versuche. Die Verbrennungsprodukte, welche sich entwickeln beim Verbrennen von Wasserstoff, von Kohlenoxyd, Methan, Leuchtgas, Alkohol, Aether, Petroleum, Benzin, Stearinkerzen, Magnesium, Zink, Eisenfeillicht, Schwefel und Phosphor wurden in passender Weise in unmittelbarer Nähe der Flammen und der Verbrennungsherde gesammelt und zunächst auf die Anwesenheit von Ozon, dann auf das Vorkommen von Wasserstoffsperoxyd, salpetriger Säure und Salpetersäure untersucht.

Das Resultat der Versuche war, daß bei der lebhaften Verbrennung Ozon sich nicht bildet, daß aber einige diesem Gase zugeschriebene Reaktionen von der salpetrigen Säure veranlaßt werden. Hingegen konnte bei der langsamen Verbrennung des Phosphors die Anwesenheit von Ozon sicher nachgewiesen werden. Wasserstoffsperoxyd konnte Verf. gleichfalls niemals in den Verbrennungsprodukten auffinden, auch nicht in dem Wasser, das aus der Kondensation dieser Produkte erhalten wurde. Hingegen wurde bei jeder lebhaften Verbrennung, mit Ausnahme derjenigen, bei welcher sich reduzierende Verbindungen bilden, untrüglich die Bildung eines oder mehrerer höheren Oxyde des Stickstoffes nachgewiesen, welche bei der Einwirkung von Wasser als salpetrige und Salpetersäure erschienen. Wenn sich bei einer lebhaften Verbrennung reduzierende Körper bildeten, z. B. bei der Verbrennung von Schwefel und Phosphor, so fand man keine Spur salpetrige Säure, sondern nur Spuren von Salpetersäure.

Dies Ergebnis steht in Uebereinstimmung mit der Thatsache, daß Ozon oberhalb 240° vollständig zersetzt wird und Wasserstoffsperoxyd bei schwacher

Weißgluth. Hingegen verbindet sich bei Einwirkung hoher Wärmegrade der Stickstoff mit Sauerstoff zu Stickoxyd und dann zu den höheren Oxydationsstufen des Stickstoffes. Das Auftreten von Ozon bei der Verbrennung des Phosphors wird hiernach gleichfalls verständlich und ebenso die Beobachtung, daß bei diesem Prozeß in dem Wasser, welches den Phosphor umgiebt, Wasserstoffsuperoxyd vorkommt.

Daß in der Atmosphäre sowohl Ozon als Wasserstoffsuperoxyd enthalten sei, hat man seit *Schönbein* und *Meißner* ziemlich allgemein angenommen, und zum großen Theil wurde neben den elektrischen Entladungen und der Wasserverdampfung der aktive Sauerstoff als Quelle des Ozons betrachtet. Da nun die vorstehende Untersuchung gezeigt, daß lebhaftere Verbrennungen weder Ozon noch Wasserstoffsuperoxyd entstehen lassen, hielt es Verf. für angezeigt, das Vorkommen von Ozon und Wasserstoffsuperoxyd in der Atmosphäre einer erneuten Untersuchung zu unterziehen.

Das Resultat der eingehenden, unter sehr verschiedenen günstigen Bedingungen in Budapest und in der Umgegend ausgeführten Bestimmungen war ein negatives. Aus denselben ergab sich nur der eine Schluß, daß weder Ozon noch Wasserstoffsuperoxyd in der Atmosphäre enthalten sind; oder „um der Tradition Rechnung zu tragen, wir haben bisher keine zuverlässigen Mittel, mit Sicherheit ihre Anwesenheit in der Luft nachzuweisen“; denn die salpetrige Säure, welche in gleicher Weise reagirt, wie diese Substanzen, und welche beständig in der Luft enthalten ist, kann aus derselben nicht entfernt werden, ohne daß durch das Verfahren die Menge des Ozons und Wasserstoffsuperoxyds verändert würde.

Die Versuche haben dem Verfasser weiter ergeben, daß die in der Atmosphäre enthaltene Menge salpetriger Säure in den Frühlingsmonaten größer ist als in den Sommermonaten, am Tage größer als in der Nacht, und daß sie mit der Höhe der Luftschichten zunimmt, daß sie sich also in derselben Weise verhält, wie man es von dem Ozon bisher behauptet hat. Auch hierin erblickt Verf. eine Bestätigung seiner Meinung, daß die meteorologischen Beobachtungen des Ozons und des Wasserstoffsuperoxyds sich auf salpetrige Säure beziehen. Trotz der Bestimmtheit seiner Ergebnisse hält aber Verf. seine Untersuchung noch lange nicht für abgeschlossen; die Wichtigkeit des bisher Festgestellten rechtfertigt deren Publikation.

**E. Faber.** Ueber die Wasserstands bewegung der offenen fließenden Gewässer in ihrer Abhängigkeit von Boden und Klima. Gaea. 1890. Nr. 3 u. 4.

**W. Götz.** Die dauernde Abnahme des fließenden Wassers auf dem Festlande der Erde. Verhandlungen des VIII. deutschen Geographentages zu Berlin 1889. Berlin. 1889. S. 126—133.

**E. Ihne.** Ueber die Schwankungen der Aufblühzeit. Botan. Zeitung. 1889. Nr. 13.

**A. Woetkof.** Verdunstung einer Schneelage. Meteor. Zeitschrift. 1890. Heft. I. S. 29.

**E. Brückner.** Verdunstung einer Schneedecke. Ebenda. 1890. Heft 4. S. 150.

**F. Sarrazin.** Die Naturgesetze des Hagels und die Hagelversicherung. Groß-Lichterfelde. 1890. Wallmann's Verlag.

**H. Fritz.** Die wichtigsten periodischen Erscheinungen der Meteorologie und Kosmologie. Intern. wissensch. Bibliothek. 68. Band. Leipzig. 1890. F. A. Brockhaus.



# I. Physik des Bodens.

Mittheilungen aus dem agrikulturphysikalischen Laboratorium und Versuchsfelde  
der technischen Hochschule in München.

## LVII. Untersuchungen über die Beeinflussung der Fruchtbarkeit der Ackerkrume durch die Thätigkeit der Regenwürmer.

(Erste Mittheilung.)

Von Professor Dr. E. Wollny in München.

Bei Gelegenheit einer Besprechung der Ansichten *Ch. Darwin's*<sup>1)</sup> über die Thätigkeit der Würmer in der Ackererde in dieser Zeitschrift (Band V. 1882. S. 50—55) hat Referent die Gründe angeführt, welche gegen die weitgehenden Schlußfolgerungen genannten Forschers sprechen, und, soweit es sich um die Beeinflussung der Fruchtbarkeit der Ackerkrume handelt, sich den Beobachtungen der Gärtner und Landwirthe anschließend, die Meinung vertreten, daß die Würmer den Pflanzen eher schädlich als nützlich seien. Da hierfür kein experimenteller und glaubhafter Beweis vorlag, auch *Darwin* keinen solchen erbracht hat, so sah sich Referent veranlaßt, der Frage über die Abhängigkeit der Fruchbarkeit der Ackerkrume von der Thätigkeit der Regenwürmer durch geeignete Versuche näher zu treten. Letztere verfolgten zunächst den Zweck, das Produktionsvermögen verschiedener Kulturgewächse bei Gegenwart und Abwesenheit von Regenwürmern in dem Ackerlande festzustellen. Entgegen der bis dahin vom Referenten gehegten Vorstellung lieferten bereits die Voruntersuchungen ein überraschendes Resultat zu Gunsten der Wirkung

<sup>1)</sup> *Ch. Darwin*. Die Bildung der Ackererde durch die Thätigkeit der Würmer. Aus dem Englischen übersetzt von *Victor Carus*. Stuttgart. 1882.

der Würmer. Als bei mehrjähriger Fortsetzung der Versuche mit den verschiedensten Gewächsen stets die gleichen Ergebnisse in die Erscheinung traten, schien es geboten, auch den Ursachen der letzteren nachzuforschen, d. h. die Veränderungen zu studiren, welchen die Ackererde in physikalischer und chemischer Hinsicht durch die Thätigkeit der Regenwürmer unterliegt. Ueber die in diesen verschiedenen Richtungen gewonnenen Ergebnisse geben die folgenden Mittheilungen nähere Auskunft.

In den Versuchen, welche dazu bestimmt waren, das Wachstum der Nutzpflanzen unter dem Einfluß der Thätigkeit der Regenwürmer zu ermitteln, wurde Versuchsfelderde (humoser Kalksand) zunächst auf das Sorgfältigste gemischt, von allen Würmern befreit und in gleichen Portionen nach dem Gewicht in glasierte Blumentöpfe gebracht, an deren Boden die vorhandene Oeffnung mit einem für Wasser durchlässigen, aber den Durchtritt von Würmern hindernden feinen Drahtnetz bedeckt war. Die betreffenden Gefäße, welche oben einen Querschnitt von 319 qcm und eine Tiefe von 20 cm besaßen, wurden im Freien in eine aus Brettern hergestellte Versenkung verbracht, welche so konstruirt war, daß die Gefäße mit dem Rande in dem Niveau der übrigen Ackerfläche, 30 cm von einander entfernt, zu stehen kamen und durch ein in derselben Höhe befindliches, mit entsprechenden runden Ausschnitten versehenes Brett vor seitlicher Erwärmung geschützt waren. In jedem mit einer Kulturpflanze ausgeführten Versuche wurden zwei Töpfe verwendet, von denen der eine bei dem Einfüllen der Erde mit 20 Regenwürmern besetzt wurde.

Während die beschriebene Versuchsanordnung in den Versuchsreihen I und II in Anwendung kam, wurde in den Reihen III—V zum Theil in anderer Weise verfahren. Hier wurden Holzkästen von 25 cm Tiefe und quadratischem Querschnitt (30 : 30 cm), welche mit einem aus feinem Drahtnetz hergestellten und dicht an die untere Kante anschließenden Boden versehen waren, in Abständen von 50 cm bis 2 cm unter dem Rande, in die Erde versenkt, derart, daß das Drahtnetz auf dem aus vollständig durchlässigem Kalksteingeröll bestehenden Untergrunde aufruhete. Alsdann wurde die zuvor innigst gemischte, von Würmern befreite Ackererde (humoser Kalksand), in Versuchsreihe V zu ein Drittel dem Volumen nach mit fetter Komposterde gemengt, eingefüllt und in einem, von je zwei in Vergleich gezogenen Kästen mit einer bestimmten Anzahl von Regenwürmern (in Versuchsreihe III und



IV : 100, in Versuchsreihe V : 20) bei der Beschickung versehen. Um das Herauskriechen der Würmer hintanzuhalten, wurde der obere Rand der Kästen mit einem 20 cm hohen, dicht anschließenden Drahtnetz, in vertikaler Stellung umgeben<sup>1)</sup>.

In den letztgenannten Versuchsreihen wurden nebenbei auch Topfversuche, im Wesentlichen nach dem in den Reihen I und II gewählten Verfahren und nur mit dem Unterschiede ausgeführt, daß der obere Querschnitt der Gefäße 600,5 qcm, deren Tiefe 20 cm betrug, und daß dieselben mit einem geschlossenen Schutzmantel aus Drahtnetz, wie die Holzkästen, am Rande umgeben wurden, eine Vorrichtung, welche die Gefäße in den Reihen I und II nicht erhalten hatten. Die Zahl der Würmer in den Töpfen betrug in Versuchsreihe IV : 50, in V : 10. Die Würmer hatten ein Gewicht von 1,5—2,5 gr.

Bei dem Anbau der Pflanzen wurden die Samen und Früchte in gleichmäßigen Abständen der Pflanzstellen in gleichmäßiger Tiefe untergebracht.

In der Folge zeigte sich, daß die Pflanzen in allen Versuchen schon von jüngeren Entwicklungsstadien ab in der mit Würmern besetzten Erde ein kräftigeres Wachsthum zeigten als jene in wurmfreier Erde. Zur Zeit der stärksten Entwicklung waren die bezüglichlichen Unterschiede bei vielen Gewächsen sogar in größerer Entfernung in die Augen fallend. In keinem einzigen Versuche hatten die Pflanzen durch die Würmer irgend welche Beschädigung erlitten, eine Thatsache, die insofern besonders hervorgehoben werden muß, als von vielen Seiten die Behauptung aufgestellt worden ist, daß die Regenwürmer junge Pflanzen in die Bohrlöcher zögen und dieselben dadurch zu Grunde richteten.

Das mit Würmern besetzte Erdreich zeigte sich sehr bald nach dem Einfüllen mit mehr oder weniger zahlreichen Bohrlöchern versehen und auf der Oberfläche theilweise mit erdigen Exkrementmassen bedeckt, wie solche von *Ch. Darwin* näher beschrieben worden sind<sup>2)</sup>. Bei der Untersuchung der Erde nach Beendigung der Versuche stellte sich heraus, daß die Zahl der Würmer nicht zu-, sondern abgenommen hatte. Diese Thatsache läßt sich nur dadurch erklären, daß die Würmer Gelegenheit

<sup>1)</sup> In den Versuchsreihen III und IV wurden nur die mit wurmhaltiger Erde beschickten Kästen und Töpfe mit einem solchen Schutzmantel versehen, während in Versuchsreihe V sämtliche, also auch die wurmfreie Erde enthaltenden Gefäße in dieser Weise angeordnet wurden.

<sup>2)</sup> *Ch. Darwin*. a. a. O. S. 59.

gefunden hatten, auch trotz des Schutzmantels, welcher in den Versuchsreihen III—V zu deren Zurückhaltung angebracht war, zu entschlüpfen. Es ist dies um so wahrscheinlicher, als sich die zurückgebliebenen Würmer in einem vollkommen lebenskräftigen Zustande befanden und sich bei dem sorgfältigsten Durchsuchen der Erde keine zu Grunde gegangenen Thiere vorfanden. Leider ließen sich über den Verbleib der fehlenden Würmer keine genauen Ermittlungen machen, weil die Aufstellung eines Beobachters zur Nachtzeit, wo die Thiere ihre Röhren verlassen und an die Bodenoberfläche kommen, unausführbar war.

Die Ergebnisse, bezüglich des Ertragsvermögens der Pflanzen bei Gegenwart und Abwesenheit von Regenwürmern in der Ackererde, weisen die folgenden Tabellen nach:

#### Versuchsreihe I (1883).

Topfversuche. Je 6 Pflanzen. Zahl der Regenwürmer: 20.

| Nr. des Versuchs. | Pflanze.    | Versuchs-anordnung.        | Ernte.      |                      |                       | Mehrproduktion durch die Würmer. |             |
|-------------------|-------------|----------------------------|-------------|----------------------|-----------------------|----------------------------------|-------------|
|                   |             |                            | Körnerzahl. | Körnergewicht.<br>gr | Stroh u. Spreu.<br>gr | Körner.<br>%                     | Stroh.<br>% |
|                   |             |                            |             |                      |                       |                                  |             |
| 1.                | Erbse.      | mit Würmern<br>ohne Würmer | 31          | 9,2                  | 19,6                  | 43,1                             | 12,0        |
|                   |             |                            | 27          | 6,5                  | 16,6                  |                                  |             |
| 2.                | Ackerbohne. | mit Würmern<br>ohne Würmer | 64          | 31,3                 | 42,0                  | 104,6                            | 10,5        |
|                   |             |                            | 27          | 15,3                 | 38,0                  |                                  |             |
| 3.                | Roggen.     | mit Würmern<br>ohne Würmer | 219         | 12,2                 | 18,3                  | 20,8                             | 20,4        |
|                   |             |                            | 191         | 10,1                 | 15,2                  |                                  |             |

#### Versuchsreihe II (1884).

Topfversuche. Je 6 Pflanzen. Zahl der Regenwürmer: 20.

| Nr. des Versuchs. | Pflanze.    | Versuchs-anordnung.        | Zahl der           |                     | Ernte.      |                      |                        | Mehrproduktion durch die Würmer. |             |
|-------------------|-------------|----------------------------|--------------------|---------------------|-------------|----------------------|------------------------|----------------------------------|-------------|
|                   |             |                            | Halme und Stengel. | Schoten und Aehren. | Körnerzahl. | Körnergewicht.<br>gr | Stroh und Spreu.<br>gr | Körner.<br>%                     | Stroh.<br>% |
|                   |             |                            |                    |                     |             |                      |                        |                                  |             |
| 4.                | Erbse.      | mit Würmern<br>ohne Würmer | 6                  | 25                  | 87          | 30,1                 | 40,0                   | 17,6                             | 25,4        |
|                   |             |                            | 6                  | 19                  | 70          | 25,6                 | 31,9                   |                                  |             |
| 5.                | Ackerbohne. | mit Würmern<br>ohne Würmer | 6                  | 35                  | 79          | 43,4                 | 74,5                   | 26,5                             | 0,1         |
|                   |             |                            | 6                  | 34                  | 68          | 34,3                 | 73,8                   |                                  |             |
| 6.                | Wicke.      | mit Würmern<br>ohne Würmer | 54                 | 70                  | —           | 13,6                 | 36,4                   | 30,8                             | 40,0        |
|                   |             |                            | 33                 | 57                  | —           | 10,4                 | 26,0                   |                                  |             |

| Nr. des Versuchs. | Pflanze.    | Versuchs-anordnung.     | Zahl der           |                     | Ernte.      |                   |                     | Mehrproduktion durch die Würmer. |          |
|-------------------|-------------|-------------------------|--------------------|---------------------|-------------|-------------------|---------------------|----------------------------------|----------|
|                   |             |                         | Halme und Stengel. | Schoten und Aehren. | Körnerzahl. | Körnergewicht. gr | Stroh und Spreu. gr | Körner. %                        | Stroh. % |
|                   |             |                         |                    |                     |             |                   |                     |                                  |          |
| 7.                | Roggen.     | mit Würmern ohne Würmer | 32<br>32           | 32<br>32            | —<br>—      | 20,7<br>15,8      | 43,8<br>35,5        | 35,5                             | 23,4     |
| 8.                | Hafer.      | mit Würmern ohne Würmer | 35<br>27           | 35<br>27            | —<br>—      | 20,0<br>19,5      | 27,8<br>25,0        | 2,6                              | 11,2     |
| 9.                | Buchweizen. | mit Würmern ohne Würmer | 6<br>6             | —<br>—              | —<br>—      | 12,1<br>11,0      | 43,9<br>34,8        | 10,0                             | 25,9     |
| 10.               | Raps.       | mit Würmern ohne Würmer | 6<br>6             | 188<br>180          | —<br>—      | 8,7<br>5,2        | 23,4<br>16,8        | 67,3                             | 39,3     |
| 11.               | Rübsen.     | mit Würmern ohne Würmer | 6<br>6             | 203<br>194          | —<br>—      | 7,7<br>7,2        | 25,0<br>24,5        | 6,9                              | 2,0      |

Versuchsreihe III (1888).

Versuche in Holzkästen. Je 9 Pflanzen. Zahl der Regenwürmer: 100.

| Nr. des Versuchs. | Pflanze. | Versuchs-anordnung.     | Zahl der Aehren. | Ernte.      |                   |                    | Mehrproduktion durch die Würmer. |          |
|-------------------|----------|-------------------------|------------------|-------------|-------------------|--------------------|----------------------------------|----------|
|                   |          |                         |                  | Körnerzahl. | Körnergewicht. gr | Stroh u. Spreu. gr | Körner. %                        | Stroh. % |
|                   |          |                         |                  |             |                   |                    |                                  |          |
| 12.               | Erbse.   | mit Würmern ohne Würmer | —<br>—           | 417<br>361  | 141,0<br>146,0    | 292,0<br>144,5     | (-3,4)                           | 102,1    |
| 13.               | Roggen.  | mit Würmern ohne Würmer | 59<br>33         | 978<br>706  | 25,8<br>16,2      | 67,6<br>32,7       | 59,3                             | 106,7    |
| 14.               | Raps.    | mit Würmern ohne Würmer | —<br>—           | —<br>—      | 12,5<br>1,5       | 58,0<br>10,5       | 733,3                            | 452,4    |

Versuchsreihe IV (1889).

a. Versuche in Holzkästen. Zahl der Regenwürmer: 100.

| Nr. des Versuchs. | Pflanze. | Zahl d. Pflanzen. | Versuchs-anordnung.     | Zahl der Würmer         |                       | Zahl der Schoten und Aehren. | Ernte       |                   |                     | Mehrproduktion durch die Würmer. |          |
|-------------------|----------|-------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------------|-------------|-------------------|---------------------|----------------------------------|----------|
|                   |          |                   |                         | am Anfang des Versuchs. | am Ende des Versuchs. |                              | Körnerzahl. | Körnergewicht. gr | Stroh und Spreu. gr | Körner. %                        | Stroh. % |
|                   |          |                   |                         |                         |                       |                              |             |                   |                     |                                  |          |
| 15.               | Erbse.   | 9<br>9            | mit Würmern ohne Würmer | 100<br>—                | 43<br>—               | —<br>—                       | 391<br>309  | 141,5<br>113,0    | 169,5<br>126,0      | 25,2                             | 34,6     |

| Nr. des Versuchs. | Pflanze.    | Zahl d. Pflanzen. |             | Versuchs-anordnung. | Zahl der Würmer         |                       | Zahl der Schoten und Aehren. | Ernte.      |                   |                     | Mehrproduktion durch die Würmer. |          |
|-------------------|-------------|-------------------|-------------|---------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------------|-------------|-------------------|---------------------|----------------------------------|----------|
|                   |             |                   |             |                     | am Anfang des Versuchs. | am Ende des Versuchs. |                              | Körnerzahl. | Körnergewicht. gr | Stroh und Spreu. gr | Körner. %                        | Stroh. % |
| 16.               | Ackerbohne. | 9                 | mit Wärmern | 100                 | 39                      | 48                    | 105                          | 68,5        | 59,5              | 69,1                | 46,9                             |          |
|                   |             | 9                 | ohne Wärmer | —                   | —                       | 30                    | 57                           | 40,5        | 40,5              |                     |                                  |          |
| 17.               | Roggen.     | 16                | mit Wärmern | 100                 | 28                      | 57                    | 1103                         | 23,5        | 53,5              | 93,9                | 47,6                             |          |
|                   |             | 16                | ohne Wärmer | —                   | —                       | 53                    | 682                          | 14,7        | 36,2              |                     |                                  |          |
| 18.               | Raps.       | 9                 | mit Wärmern | 100                 | 37                      | —                     | —                            | 5,40        | 29,5              | 92,2                | 156,5                            |          |
|                   |             | 9                 | ohne Wärmer | —                   | —                       | —                     | —                            | 2,81        | 11,5              |                     |                                  |          |
| 19.               | Kartoffel.  | 1                 | mit Wärmern | 100                 | 31                      | Knollen               | —                            | Knollen     | —                 | Knollen             | —                                |          |
|                   |             | 1                 | ohne Wärmer | —                   | —                       | 6<br>3                | —                            | 217<br>92   | —                 |                     |                                  | 135,9    |

## b. Topfversuche. Zahl der Regenwürmer: 50.

|     |             |    |             |    |    |    |     |                |               |       |       |
|-----|-------------|----|-------------|----|----|----|-----|----------------|---------------|-------|-------|
| 20. | Wicke.      | 7  | mit Wärmern | 50 | 26 | —  | 97  | 18,5           | 42,0          | 24,2  | 23,5  |
|     |             | 7  | ohne Wärmer | —  | —  | —  | 78  | 14,9           | 34,0          |       |       |
| 21. | Pelluschke. | 7  | mit Wärmern | 50 | 23 | 36 | 112 | 9,6            | 47,0          | 300,0 | 33,5  |
|     |             | 7  | ohne Wärmer | —  | —  | 10 | 24  | 2,4            | 35,2          |       |       |
| 22. | Lein.       | 15 | mit Wärmern | 50 | 21 | —  | —   | 4,91           | 21,0          | 47,9  | 88,0  |
|     |             | 15 | ohne Wärmer | —  | —  | —  | —   | 3,82           | 11,7          |       |       |
| 23. | Runkelrübe. | 1  | mit Wärmern | 50 | 28 | —  | —   | Wurzeln<br>240 | Blätter<br>95 | 700,0 | 850,0 |
|     |             | 1  | ohne Wärmer | —  | —  | —  | —   | 30             | 10            |       |       |

## Versuchsreihe V (1890).

## a. Versuche in Holzkästen. Zahl der Regenwürmer: 20.

| Nr. des Versuchs. | Pflanze. | Zahl d. Pflanzen. |             | Versuchs-anordnung. | Zahl der Würmer         |                       | Zahl der Schoten und Aehren. | Ernte.      |                   |                     | Mehrproduktion durch die Würmer. |          |
|-------------------|----------|-------------------|-------------|---------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------------|-------------|-------------------|---------------------|----------------------------------|----------|
|                   |          |                   |             |                     | am Anfang des Versuchs. | am Ende des Versuchs. |                              | Körnerzahl. | Körnergewicht. gr | Stroh und Spreu. gr | Körner. %                        | Stroh. % |
| 24.               | Erbse.   | 16                | mit Wärmern | 20                  | 12                      | —                     | 704                          | 268,6       | 425               | 37,9                | 47,1                             |          |
|                   |          | 16                | ohne Wärmer | —                   | —                       | —                     | 588                          | 194,5       | 289               |                     |                                  |          |
| 25.               | Raps.    | 16                | mit Wärmern | 20                  | 11                      | —                     | —                            | 17,3        | 114,5             | 34,1                | 81,2                             |          |
|                   |          | 16                | ohne Wärmer | —                   | —                       | —                     | —                            | 12,9        | 87,3              |                     |                                  |          |

| Nr. des Versuchs. | Pflanze.    | Zahl d. Pflanzen. | Versuchs-anordnung. | Zahl der Würmer         |                       | Zahl der Schoten und Aehren. | Ernte.        |                  |                     | Mehrproduktion durch die Würmer. |                 |
|-------------------|-------------|-------------------|---------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------------|---------------|------------------|---------------------|----------------------------------|-----------------|
|                   |             |                   |                     | am Anfang des Versuchs. | am Ende des Versuchs. |                              | Körnerzahl.   | Körnergewicht gr | Stroh und Spreu. gr | Körner. %                        | Stroh. %        |
|                   |             |                   |                     |                         |                       |                              |               |                  |                     |                                  |                 |
| 26.               | Roggen.     | 16<br>16          | mit Wärmern         | 20                      | 14                    | 71                           | 1246          | 33,0             | 189,0               | 22,2                             | 43,0            |
|                   |             |                   | ohne Würmer         | —                       | —                     | 57                           | 987           | 27,0             | 97,2                |                                  |                 |
| 27.               | Kartoffel.  | 1<br>1            | mit Wärmern         | 20                      | 10                    | —                            | Knollen<br>86 | Knollen<br>730   | —                   | Knollen<br>30,4                  | —               |
|                   |             |                   | ohne Würmer         | —                       | —                     | —                            | 29            | 560              | —                   |                                  |                 |
| 28.               | Runkelrübe. | 1<br>1            | mit Wärmern         | 20                      | 26                    | —                            | —             | Wurzeln<br>370   | Blätter<br>250      | Wurzeln<br>48,0                  | Blätter<br>78,6 |
|                   |             |                   | ohne Würmer         | —                       | —                     | —                            | —             | 250              | 140                 |                                  |                 |

b. Topfversuche. Zahl der Regenwürmer: 10.

|     |              |          |             |    |   |    |     |      |      |       |       |
|-----|--------------|----------|-------------|----|---|----|-----|------|------|-------|-------|
| 29. | Ackerbohne.  | 6<br>6   | mit Wärmern | 10 | 5 | 11 | 22  | 15,4 | 39,9 | 126,5 | 6,7   |
|     |              |          | ohne Würmer | —  | — | 7  | 12  | 6,8  | 37,4 |       |       |
| 30. | Wicke.       | 6<br>6   | mit Wärmern | 10 | 6 | —  | 250 | 12,0 | 28,5 | 140,0 | 115,9 |
|     |              |          | ohne Würmer | —  | — | —  | 70  | 5,0  | 13,2 |       |       |
| 31. | Lein-dotter. | 16<br>16 | mit Wärmern | 10 | 4 | 54 | —   | 7,5  | 19,9 | 27,1  | 15,7  |
|     |              |          | ohne Würmer | —  | — | 42 | —   | 5,9  | 17,2 |       |       |
| 32. | Lein.        | 19<br>19 | mit Wärmern | 10 | 6 | 58 | —   | 6,1  | 24,3 | 22,0  | 13,5  |
|     |              |          | ohne Würmer | —  | — | 54 | —   | 5,0  | 21,4 |       |       |

Bei Durchsicht dieser Daten ergibt sich mit voller Deutlichkeit, daß der wurmhaltige Boden unter sonst gleichen Umständen eine beträchtlich größere Fruchtbarkeit besaß als der wurmfreie. Mögen diese der Thätigkeit der Würmer zuzuschreibenden Wirkungen auch im Großen in einem ungleich geringeren Umfange sich geltend machen, — und zwar weil die Zahl der Regenwürmer unter natürlichen Verhältnissen eine zum Theil beträchtlich kleinere ist als die in vorliegenden Versuchen gewählte und ebenso das Auftreten der betreffenden Thiere an eine bestimmte Beschaffenheit der Lokalität geknüpft ist, — so dürfte doch aus den mitgetheilten Versuchsergebnissen wenigstens die Thatsache mit Sicherheit hervorgehen, daß die Stelle, welche den Wurmern im Boden zuertheilt ist, in Rücksicht auf das Pflanzenwachsthum eine nützliche und beachtenswerthe ist.

Forscht man den Ursachen nach, welche der geschilderten auffälligen Bgeinflussung des Pflanzenwachsthums bei Gegenwart von Würmern zu Grunde liegen, so könnte man sich vielleicht zunächst zu der Vermuthung hingedrängt fühlen, daß in den vorliegenden Versuchen die Würmer, welche während der Vegetationszeit verschwunden waren, im Boden zu Grunde gegangen seien, und daß die bei der Zersetzung ihrer Leichen entstandenen löslichen Nährstoffe zu den Ertragssteigerungen Veranlassung gegeben hätten. Eine solche Annahme würde indessen insofern als ungerechtfertigt erscheinen, als, wie oben angeführt, die durch die Würmer hervorgerufenen günstigen Wirkungen bereits in früheren Entwicklungsstadien der Pflanzen, also zu einer Zeit sich bemerkbar machten, wo die Thiere noch am Leben sein mußten oder, wenn dies nicht der Fall war, die Zersetzung ihrer Leichen noch nicht weit vorgeschritten sein konnte. Weiters würde aber auch jener Meinung die Thatsache widersprechen, daß die Regenwürmer ein außerordentlich zähes Leben besitzen, sowie daß bei sorgfältiger Untersuchung der Erde am Ende des Versuchs keine einzige Spur von einem todtten oder in Zersetzung übergegangenem Wurm gefunden werden konnte. Ueberdies zeigte sich bei weiterer Verfolgung des Gegenstandes, daß die durch die Würmer bewirkten Abänderungen sowohl in der physikalischen Beschaffenheit als in gewissen chemischen Eigenschaften des Erdreiches vollständig ausreichend sind, die in die Erscheinung getretenen Ertragssteigerungen bei den verschiedenen Gewächsen erklären zu können.

Hinsichtlich der Beeinflussung des Bodens in physikalischer Hinsicht zeigten die betreffenden Untersuchungen, daß die Würmer zur Lockerung, resp. Krümelung des Bodens wesentlich beitragen. Um dies festzustellen, wurden zwei zylindrische Gefäße aus Zinklech von 8,6 cm Durchmesser und 4 cm Tiefe mit feingesiebter feuchter humoser Ackererde gefüllt und dabei in das eine derselben 5 Regenwürmer gebracht. Nachdem die Bodenoberfläche geebnet worden war, wurde über jedes Gefäß ein eben solches mit durchlöchertem Boden nach oben aufgesetzt, um theils die Verdunstung, theils das Herauskriechen der Regenwürmer hintanzuhalten. Nach Verlauf von sechs Wochen war die mit Würmern besetzte Erde nicht allein vollständig gekrümelt, sondern hatte auch ihr Volumen nicht unbeträchtlich vermehrt. Die Abbildungen auf Tafel III, nach einer Photographie in Lichtdruck her-

gestellt, geben ein anschauliches Bild von den bezüglichen Veränderungen in der mechanischen Beschaffenheit des Bodens<sup>1)</sup>.

Ueber die stattgehabten Veränderungen geben folgende Daten Auskunft.

| Erde.       | Durchmesser Höhe der |                 | Bodenvolumen. | Volumzunahme |          |
|-------------|----------------------|-----------------|---------------|--------------|----------|
|             | des Gefäßes.         | Boden- schicht. |               | absolut.     | relativ. |
| mit Würmern | 8,6 cm               | 5,1 cm          | 296,24 ccm    | 63,90 ccm    | 27,5%    |
| ohne Würmer | 8,6 „                | 4,0 „           | 232,34 „      |              |          |

Behufs Bestimmung der Wasser- und Luftkapazität des Bodens wurden zwei Röhren von 5 cm Durchmesser und 35 cm Länge bis auf 30 cm Höhe mit gleichen Gewichtsmengen feuchten Lehms beschickt. In eine derselben wurden 6 Regenwürmer bei dem Einfüllen eingeführt. Nachdem die Röhren zwei Monate im Laboratorium gestanden hatten, zeigte sich der mit Würmern besetzte Boden von krümeliger Beschaffenheit. Außerdem hatte derselbe eine Volumzunahme von 6,9 % erfahren. Es wurde nun beiden Röhren von oben her Wasser zugeführt, bis aus dem aus einem Drahtnetz bestehenden Boden Tropfen hervortraten. Die Wasserzufuhr wurde nunmehr sistirt, worauf die Röhren, bedeckt, 48 Stunden zum Zweck des Abflusses des überschüssigen Wassers ruhig stehen gelassen wurden. Hierauf wurde die Erde aus beiden Röhren bei einer Höhe der Schicht von 30 cm herausgenommen, nach Entfernung der Regenwürmer gewogen, alsdann getrocknet und nochmals gewogen. Aus den betreffenden Wägungen, mit Hilfe des spezifischen Gewichts des Bodens, ließ sich die Wasser- und Luftkapazität, resp. das Volumen des Erdreiches ermitteln. Die bezüglichen Daten stellten sich, wie folgt:

| Wasserkapazität.    | Boden        |              |
|---------------------|--------------|--------------|
|                     | mit Würmern. | ohne Würmer. |
| Volumprozentisch    | <b>28,69</b> | <b>48,13</b> |
| Gewichtsprozentisch | 21,36        | 29,89.       |

| Volumen.     | Boden        |              | Boden        |              |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|              | mit Würmern. | ohne Würmer. | mit Würmern. | ohne Würmer. |
| Luft . . .   | 183,5 ccm    | 52,7 ccm     | 31,2         | 8,9          |
| Boden . . .  | 236,5 „      | 252,8 „      | 40,2         | 42,9         |
| Wasser . . . | 169,0 „      | 283,5 „      | 28,6         | 48,2         |
| Summa . . .  | 589,0 ccm    | 589,0 ccm    | 100,0        | 100,0.       |

<sup>1)</sup> In Fig. I ist die Oberfläche des wurmfreien, in Fig. II jene des wurmhaltigen Bodens dargestellt.

Diese Zahlen vermitteln die Thatsache, daß in Folge der durch die Thätigkeit der Regenwürmer bewirkten Krümelung des Bodens die Wasserkapazität vermindert, die Luftkapazität desselben dagegen erhöht wird<sup>1)</sup>.

In dem Betracht, daß durch die Krümelung des Bodens die nicht-kapillaren Hohlräume in demselben vermehrt und erweitert werden, kann es nicht Wunder nehmen, daß die Durchlässigkeit für Luft und Wasser in dem wurmhaltigen Boden beträchtlich größer ist als in dem wurmfreien. Um dies durch Zahlen zu belegen, wurden zwei 35 cm lange unten durch ein feines Sieb verschlossene Blechröhren von 5 cm Durchmesser mit feuchtem humosen Kalksand gefüllt und in die eine derselben 10 Regenwürmer verbracht. Die Röhren blieben vom Mai bis Oktober, durch eine aufgelegte Glasplatte oben verschlossen, aufrecht stehen. Im letzteren Monate wurde bei einem Wasserdruck von 40 mm Luft durch beide Röhren gepreßt und das Volumen derselben mittelst einer Gasuhr gemessen. Dabei stellte sich folgendes Resultat heraus:

| Boden.                 | Durchgegangene Luftmenge (in Litern) pro Stunde. |             |               |
|------------------------|--------------------------------------------------|-------------|---------------|
|                        | 1. Versuch.                                      | 2. Versuch. | Mittel.       |
| mit Regenwürmern . . . | 432,27                                           | 428,98      | <b>430,62</b> |
| ohne Regenwürmer . . . | 3,65                                             | 3,51        | <b>3,58.</b>  |

In denselben Röhren wurde hernach der Boden auf seine Permeabilität für Wasser nach dem von *Welitschkowsky*<sup>2)</sup> angegebenen Verfahren geprüft. Bei einer konstant erhaltenen Wasserschichte von 50 cm über dem Boden waren die betreffenden Unterschiede folgende:

| Boden.                     | In 10 Stunden geförderte Wassermenge. |
|----------------------------|---------------------------------------|
| mit Regenwürmern . . . . . | 74 000 ccm                            |
| ohne Regenwürmer . . . . . | 2930 „ .                              |

Nach Beendigung des Versuchs wurden die Röhren entleert, wobei sich herausstellte, daß sämtliche Regenwürmer, obwohl der Boden in den Röhren vom Mai bis Oktober fast vollständig lufttrocken geworden war, sich noch am Leben befanden, eine Thatsache, welche in drastischer Weise für die Widerstandsfähigkeit der Würmer gegen ungünstige äußere Verhältnisse spricht.

<sup>1)</sup> Vergl. diese Zeitschrift. Bd. V. 1882. S. 145.

<sup>2)</sup> Vergl. diese Zeitschrift. Bd. X. 1887. S. 203.



Neben diesen Versuchen wurde noch ein solcher in derselben Anordnung mit Lehm ausgeführt. Die Durchlässigkeit für Luft bei einem Wasserdruck von 40 mm stellte sich, wie folgt:

| Boden.                 | Durchgegangene Luftmenge (in Litern) pro Stunde. |             |                |
|------------------------|--------------------------------------------------|-------------|----------------|
|                        | 1. Versuch.                                      | 2. Versuch. | Mittel.        |
| mit Regenwürmern . . . | 463,26                                           | 465,46      | <b>464,51</b>  |
| ohne Regenwürmer . . . | 180,53                                           | 163,39      | <b>181,96.</b> |

Aus den mitgetheilten Zahlen geht zur Evidenz hervor, daß der mechanische Zustand des Bodens durch die Thätigkeit der Würmer in einer für das Pflanzenwachsthum günstigen Weise abgeändert wird, und zwar dadurch, daß das Erdreich unter Mitwirkung der Würmer gekrümelt (geloockert) und für Luft und Wasser leichter durchdringbar wird. Die Bedeutung dieser Thatsachen tritt um so mehr hervor, wenn man berücksichtigt, daß gerade in denjenigen Lokalitäten, wo die Würmer in größerer Zahl aufzutreten pflegen, nämlich in feuchteren Lagen, die erhöhte Luftzufuhr unter gleichzeitiger Verminderung der Wasserkapazität des Bodens oder der auf demselben befindlichen Decke von abgestorbenen Pflanzentheilen für die normale Zersetzung der organischen Substanzen (Verwesung) von großer Wichtigkeit ist, ganz abgesehen von den übrigen das Pflanzenwachsthum fördernden Wirkungen, wie solche z. B. durch die Bodenlockerung etc. bedingt sind.

Zur Bestimmung der chemischen Eigenschaften der Ackererde wurde zunächst im Jahre 1889 die Erde von den Kulturen verwendet. Die mit Würmern besetzt gewesene und von diesen befreite, sowie die wurmfreie Erde wurden innigst gemischt und durch Siebe von 2 mm Maschenweite von den beigemengten Ernterückständen befreit. Ein zweiter Versuch wurde mit Ackererde ausgeführt, die nach sorgfältiger Mischung in zwei Portionen von je 1000 gr gebracht und in Bechergläser gefüllt wurde. In das eine derselben wurden 10 Regenwürmer eingeführt. Die Erde verblieb ein Vierteljahr in den Gläsern und wurde derart nach Bedarf mit destillirtem Wasser angefeuchtet, daß der Wassergehalt sich in beiden Gefäßen auf gleicher Höhe erhielt. Im Herbst wurden sämtliche Proben an der Sonne getrocknet und alsbald in Bezug auf Zersetzbarkeit der organischen Substanzen und Gehalt an löslichen Pflanzennährstoffen untersucht.

Ersteren Punkt anlangend, wurde in der Weise verfahren, daß je 150 gr lufttrockenen Bodens mit 34 gr destillirtem Wasser durchfeuchtet und in U-förmige Glasröhren gefüllt wurden. Letztere wurden alsdann in ein Wasserbad gestellt, dessen Temperatur konstant auf 30° C. mittelst eines *Soxhlet'schen* Thermostaten erhalten wurde. Die in dem Boden sich bildende Kohlensäure, deren Menge unter den vorliegenden Versuchsbedingungen als Maß für die Zersetzungsfähigkeit der organischen Stoffe dienen konnte, wurde nach dem *von Pettenkofer'schen* Verfahren bestimmt<sup>1)</sup>. In der Zwischenzeit von einer Aspiration zur anderen hielt man die mit Erde gefüllten Röhren geschlossen.

Die Ergebnisse sind folgenden Tabellen zu entnehmen:

1889.

**Versuch I.**

| Datum.      | Vol. Kohlensäure in 1000 Vol. Bodenluft. |                 |                     |                 |
|-------------|------------------------------------------|-----------------|---------------------|-----------------|
|             | Ackererde<br>von den Kulturen.           |                 | Ackererde<br>nackt. |                 |
|             | mit<br>Würmern                           | ohne<br>Würmer. | mit<br>Würmern.     | ohne<br>Würmer. |
| 7. November | 6,08                                     | 0,99            | 12,49               | 1,65            |
| 8. "        | 16,22                                    | 15,07           | 19,05               | 13,59           |
| 9. "        | 8,13                                     | 2,91            | 5,76                | 1,92            |
| 11. "       | 1,99                                     | 1,90            | 5,13                | 1,41            |
| 13. "       | 2,89                                     | 2,57            | 5,96                | 1,99            |
| 14. "       | 2,88                                     | 2,77            | 6,00                | 0,82            |
| 15. "       | 3,24                                     | 3,15            | 5,14                | 2,57            |
| 16. "       | 1,98                                     | 1,66            | 4,80                | 0,66            |
| Mittel:     | 5,43                                     | 3,88            | 8,04                | 3,08            |

**Versuch II.**

|              |      |      |      |      |
|--------------|------|------|------|------|
| 19. November | 3,27 | 2,46 | 4,90 | 1,72 |
| 20. "        | 4,56 | 3,99 | 8,32 | 2,13 |
| 21. "        | 4,41 | 3,67 | 6,74 | 2,95 |
| 22. "        | 3,52 | 3,43 | 6,05 | 2,36 |
| 23. "        | 2,06 | 1,32 | 5,59 | 1,73 |
| 25. "        | 3,43 | 2,43 | 6,95 | 1,90 |
| 26. "        | 2,77 | 2,35 | 5,44 | 2,18 |
| 27. "        | 1,94 | 1,60 | 3,45 | 0,92 |
| 28. "        | 1,60 | 1,43 | 3,04 | 1,18 |
| Mittel:      | 3,07 | 2,52 | 5,61 | 1,90 |

Aus diesen Zahlen ist ersichtlich, daß die Kohlensäureentwicklung in dem wurmhaltigen Boden eine wesentlich intensivere ist als in dem wurmfreien. Dies beruht offenbar darauf, daß die

<sup>1)</sup> Vergl. diese Zeitschrift. Bd. IV. 1881. S. 4.

organischen Stoffe im ersteren leichter der Zersetzung unterliegen als im letzteren. Es wird hieraus ohne Weiteres geschlossen werden dürfen, daß die Menge der bei dem Zerfall sich bildenden Pflanzennährstoffe in der mit Würmern besetzten Erde größer sein wird als in demselben Boden bei Abwesenheit von Würmern.

Bei der Ermittlung der löslichen Bestandtheile im Boden wurden je 500 gr des Materials mit 2 l sorgfältig gereinigtem destillirten Wasser übergossen, welchem, um die Salpeterbildung zu verhindern, eine geringe Menge von Sublimat<sup>1)</sup> zugeführt wurde. Die in dieser Weise behandelten Erdproben blieben 14 Tage an einem mäßig warmen Orte stehen und wurden öfter umgeschüttelt. Die hierauf abgehobene klare Flüssigkeit wurde in zwei Portionen getheilt, von welchen die eine zur Bestimmung des Ammoniaks und der Salpetersäure, die andere zur Feststellung der löslichen Mineralstoffe diente.

Die genannten Stickstoffverbindungen wurden nach der von *W. Williams*<sup>2)</sup> angegebenen Methode, die mineralischen Stoffe durch Verdampfen des Bodenausguges und Glühen des Rückstandes bestimmt. Bei ersterer Methode wird die Flüssigkeit mit etwas Magnesia in einer Retorte gekocht, bis 250 ccm überdestillirt sind. In dem Destillat wird das Ammoniak mittelst titrirter Schwefelsäurelösung ermittelt. Der Rückstand wird verdünnt und in eine weithalsige zugestöpselte Flasche gebracht, welche in einem Warmbade von 21—24° während drei Tagen verbleibt, und in welcher die Reduktion der Nitate und Nitrite mittelst einer Kupferzinkkette erfolgt. Letztere besteht aus sechs Streifen Zinkfolie, 10 cm lang und 3,5 cm breit, auf welchen, nach Reinigung der Oberfläche, ein Kupferniederschlag durch Eintauchen in eine 3% Kupfersulfatlösung hervorgerufen wird. Die Zinkstreifen werden, nachdem sie mit destillirtem Wasser abgewaschen und getrocknet worden sind, in die mit dem Destillatrückstande gefüllte Flasche derart gelegt, daß sie vollständig untertauchen. Ein Theil der Flüssigkeit wird, nachdem dieselbe drei Tage einer Temperatur von 21—24° ausgesetzt gewesen war, destillirt. In dem Destillat wird dann das Ammoniak bestimmt.

Folgende Daten zeigen das Resultat der betreffenden Analysen (in Proz. des trockenen Bodens).

<sup>1)</sup> Das Sublimat tödtet bekanntlich das Salpetersäureferment.

<sup>2)</sup> Transactions. 1881. 100.

| Versuchsmaterial.                                 | Ammoniak.<br>% | Salpetersäure.<br>% | Stickstoff in Form von |                |         | Lösliche Mineralstoffe.<br>% |
|---------------------------------------------------|----------------|---------------------|------------------------|----------------|---------|------------------------------|
|                                                   |                |                     | Ammoniak.              | Salpetersäure. | Summa.  |                              |
|                                                   |                |                     | %                      | %              | %       |                              |
| Ackererde von den Kulturen mit Regenwürmern . . . | 0,0200         | 0,0850              | 0,01647                | 0,02204        | 0,03851 | 0,06672                      |
| ohne Regenwürmer . . .                            | 0,0036         | 0,1144              | 0,00285                | 0,02966        | 0,03251 | 0,03257                      |
| Ackererde, nackt mit Regenwürmern . . .           | 0,0140         | 0,0250              | 0,01147                | 0,00648        | 0,01795 | 0,15338                      |
| ohne Regenwürmer . . .                            | 0,0060         | 0,0440              | 0,00494                | 0,01141        | 0,01635 | 0,03362                      |

Hiernach war die Menge der löslichen Stickstoffverbindungen und Mineralstoffe in der mit Würmern versehenen Erde größer als in der wurmfreien. Erstere enthielt mehr Ammoniak, aber weniger Salpetersäure als letztere. Somit wäre durch diese Untersuchungen der Nachweis geliefert, daß durch die Thätigkeit der Regenwürmer auch in Bezug auf die Ernährung im Vergleich zum wurmfreien Boden günstigere Vegetationsbedingungen hergestellt werden.

Zur Erklärung der geschilderten günstigen Einwirkungen der Würmer auf die physikalische und chemische Beschaffenheit des Bodens ist zunächst die Thatsache heranzuziehen, daß die Würmer den Boden nicht allein mit zahlreichen Bohrlöchern durchziehen, sondern daß sie auch in dem Falle, wo ihnen, wie in vorliegendem, keine abgestorbenen Pflanzentheile oder solche nur in spärlicher Menge zur Verfügung stehen, Erde verschlucken und in Form mehr oder weniger abgerundeter Exkrementmassen wieder von sich geben. Auf letzteren Umstand ist besonders die Umwandlung eines feinerdigen Bodens in eine krümelige Masse zurückzuführen. In welchem außerordentlichen Umfang dieser Prozeß unter Umständen stattfindet, zeigen deutlich die Figuren auf Tafel III. Eine derartige durchgreifende Krümelung des Erdreiches machte sich übrigens auch in den Versuchen in gleicher Weise geltend, welche bei Bestimmung der Durchlässigkeit für Luft und Wasser angestellt wurden.

Nach den mitgetheilten Ergebnissen der Versuche über die chemische Beschaffenheit des Bodens bei Gegenwart und Abwesenheit von Würmern wird weiters angenommen werden müssen, daß die organischen Stoffe des Bodens bei dem Durchgange durch den Thierkörper, unter dem Einfluß der Verdauungssäfte, Veränderungen erfahren, welche für deren Zerfall

und damit für die Bildung einer größeren Menge löslicher Pflanzennährstoffe günstig sind. Der Betrag dieser Wirkungen dürfte unter übrigen gleichen Umständen in dem Falle größer ausfallen, wo die Würmer Gelegenheit haben, sich ihre Nahrung aus abgestorbenen Pflanzentheilen (Blätter, Stengel, Wurzeln etc.) zu verschaffen. Unter derartigen Verhältnissen werden die Würmer wahrscheinlich nur bei der Anlage der Bohrlöcher Erde verschlucken, im Uebrigen aber sich von den vorhandenen Pflanzentheilen ernähren; der Einfluß auf die mechanische Beschaffenheit wird voraussichtlich hier geringer, auf die Menge der in den aufnehmbaren Zustand übergehenden Nährstoffe größer sein als in den vorliegenden Versuchen<sup>1)</sup>.

Inwieweit die mitgetheilten Versuchsergebnisse sich für die Beurtheilung der bezüglichen Vorgänge in der Natur verwerthen lassen, soll durch fortgesetzte Untersuchungen näher ermittelt werden. Hoffentlich gelingt es dem Referenten, die mannigfachen experimentellen Schwierigkeiten, welche die Lösung vorwüflicher Frage bietet, in befriedigender Weise zu überwinden.

---

<sup>1)</sup> Ueber die Lebensweise der Regenwürmer sind, außer obiger Schrift *Ch. Darwin's*, die Untersuchungen von *V. Hensen* (*Zeitschrift f. wissenschaftliche Zoologie*. 28. Bd. 1877. p. 361 und *Landw. Jahrbücher* von *H. Thiel*. Bd. XI. 1882) zu vergleichen.



## Neue Litteratur.

**F. H. King.** Ueber die Bewegung des Wassers im Boden. Sixth annual report of the Agric. Exper. Station of the University of Wisconsin. Madison. Wi. 1889. p. 189—212. — *Biedermann's Centralbl. f. Agrikulturchemie.* 1890. Heft VIII. S. 505—511.

Wenn es wichtig ist, zu wissen, wie viel Kilogramm Wasser diese oder jene Bodenart enthalten müßte, damit auf ihr so und so viele Kilogramm Pflanzensubstanz geerntet werden können, so ist es nöthig, zu ermitteln, wie viel Wasser die Bodenarten in ihrem natürlichen Zustande und in ihrer natürlichen Lagerung fassen, bis zu welcher Tiefe verschiedene Pflanzen die Bodenfeuchtigkeit ausnutzen können, und auf welche beste Weise das Wasser im Boden vermindert oder darin erhalten werden kann. Wäre dann bestimmt ermittelt, welche Mengen Wasser die verschiedenen Bodenarten bei Beginn des Pflanzenwachstums enthalten müssen, so ließe, indem man die Ergänzung des Wasservorrathes durch die zu gewärtigende mittlere Regenhöhe mit in Rechnung zieht, eine bessere Auswahl unter den Feldern für die Bestellung sich treffen, wie auch die Bearbeitung des Bodens, je nachdem die Feuchtigkeit zu vermindern oder zu bewahren wäre, sich einrichten.

Behufs des Studiums dieser Fragen suchte Verf. zunächst zu ermitteln, wie tief sich unter den Feldern der mit der Universität von Wisconsin verbundenen Versuchsfarm der permanente Grundwasserspiegel hinzieht, und ob dieses Wasser, namentlich in trockener Jahreszeit, durch die angebauten Pflanzen emporgehoben wird, oder nicht.

Vier Reihen Bohrlöcher wurden hergestellt, wovon drei parallel von Nord nach Süd liefen, während die vierte sie rechtwinklig kreuzte. In die 20 cm weiten Löcher wurden 13 cm weite Drainröhren gesteckt. Das Gelände befindet sich in der Nähe eines See's und ragt auch in diesen mit einer Halbinsel hinein. Die Messungen in den einzelnen Bohrlöchern ergaben, daß das Grundwasser überall höher als der Wasserspiegel im See stand, daß es stieg, wo sich die Bodenoberfläche höher hob und daß es fiel, wo das Gelände sich senkte, jedoch nicht derart, daß Boden- und Grundwasser Oberfläche parallel verlaufen wären. Um festzustellen, ob der Pflanzenwuchs vermittelt Kapillarität sich das Grundwasser dienstbar macht, wurden die Schwankungen des Grundwasserspiegels mittelst eines eigenen Instrumentes gemessen, das noch Aenderungen von  $\frac{1}{4}$  mm anzeigte. Die Beobachtungen erstreckten sich von August 1888 ab über 1 Jahr, das sind mehr als 6000 Einzelbeobachtungen in den Bohrlöchern. Diese lagen theils in Mais oder Haferfeldern, theils in Wiesenland oder Gehölz, theils auf brachliegendem Boden, dessen Oberfläche umgearbeitet und von Unkraut frei gehalten wurde.

Die Schwankungen des Grundwasserspiegels waren erstaunlich deutlich, aber ebenso verwickelt ist ihre Erklärung. Feststellen ließ sich: 1) daß vom Mai bis

Oktober tägliche Schwankungen des Grundwasserspiegels stattfanden, indem das Wasser entweder in der Nacht stieg oder weniger fiel, als es tagsüber geschehen war. 2) Manche Schwankungen erstrecken sich über mehrere Tage, indem während eines Theils dieser Zeit das Wasser schneller sinkt, als es im Mittel der Fall ist, und sich während der übrigen Zeit entweder stark hebt oder unter den mittleren Stand sinkt. 3) Die täglichen Schwankungen haben sehr ungleiche Größe, sie bewegen sich zwischen 0,25 oder 0,5 mm und 43 mm. 4) Die in längeren Zeiträumen stattfindenden Schwankungen sind nicht genau gleichzeitig, indem zwischen manchen Bohrlöchern Zeitunterschiede von mehr als 24 Stunden vorkommen. 5) Mais vermag den permanenten Grundwasserspiegel heraufzuziehen, wenn letzterer wenigstens in einer Tiefe von 2,3 m liegt, wobei als Untergrund grober Sand zu denken ist. 6) Mais vermag den Wassergehalt in Untergrund-Sandböden auf 7% vom Trockengewicht des Bodens zu verringern, und zwar in einer Tiefe von 1,02 m, wobei der Grundwasserspiegel nur noch 1,07 m tiefer liegt.

Da allgemein beobachtet worden ist, daß in trockenen Zeiten der Pflanzenwuchs auch dann an Wassermangel leidet, wenn der Grundwasserspiegel in einer Entfernung von 1,5 m unter der Oberfläche liegt, so ist bewiesen, daß die Haarröhrenanziehung nicht stark genug wirkt, um die Kulturgewächse mit Wasser zu versorgen. Daher ist es wichtig zu wissen, in welchem Grade die oberen Bodenschichten bis zur Tiefe von 1,5 oder 2,1 m Wasser aufzuspeichern vermögen, und wie viel Prozente dieses Wasservorrathes die verschiedenen Arten der Kulturgewächse zu verwenden vermögen. Zur Beantwortung der ersten Frage wurden fünf Zinn-Zylinder von je 0,3 m Länge und 15 cm Durchmesser mit Boden in ganz natürlichem Zustande gefüllt, indem ein Zylinder auf den anderen folgend in den Boden getrieben wurde, so daß in ihnen sich schließlich eine 1,5 m hohe Säule aus dem Bodenprofil befand. Die einzelnen Glieder wurden an ihrem Ende mit einer durchlöcherten Kapsel verschlossen und in ein Wassergefäß gestellt, so daß sie fast ihrer ganzen Höhe nach fünf Tage lang in Wasser standen, dessen Verdunstung durch Bedeckung des Gefäßes verhindert war. Danach wurden die Zylinder vier Tage lang in ein Gefäß gestellt, dessen Raum mit Wasserdampf gesättigt war, damit sie abtropften. Die Wägungen und Berechnungen ergaben, daß die oberen 1,5 m dicken Bodenschichten (lehmiger Mergel, röthlicher Thon, sandiger Thon, Feinsand) fähig waren, eine Menge von Wasser zu halten, die einer Regenmenge von 54 cm Höhe entsprechen haben würde. Eine solche Regenmenge beträgt drei Fünftel des jährlichen mittleren Regenfalles der Oertlichkeit, doch werden wahrscheinlich nicht mehr als 30,5 cm davon durch die Kulturgewächse, wenn sie eine Durchschnittsernte liefern, aufgebraucht.

Die erwähnten Zinn-Zylinder wurden 62 Tage lang auf einen Dampfheizapparat gesetzt, bis die Bodenmuster darin völlig getrocknet waren. Während dieser Zeit wurden sie täglich gewogen. Am schnellsten trockneten der Lehmmergel und der Sand. Die trockenen Glieder wurden nochmals in Wasser gesetzt, bis sie sich vollgesogen hatten, und dann nach äußerlichem Abtrocknen gleichzeitig gewogen. Dadurch sollte ermittelt werden, wie viel Wasser die Bodenarten aufnehmen, wenn sie sich unter dem Grundwasserspiegel befinden. Es ergab sich, daß die untersuchte Bodenschicht, wenn sie ganz mit Wasser gesättigt ist, wie es im zeitigen Frühjahr nach starkem, dauerndem Regen der Fall sein mag, eine Menge Wasser

enthalten kann, die einer Regenhöhe von 62 cm entspricht, oder mehr als zwei Dritteln des jährlichen mittleren Regenfalls. Die unterste Bodenschichtung von 0,6 m Stärke besaß so äußerst kleine Poren, daß die Kapillarkraft sie ebenso sehr mit Wasser füllte, als ob sie im Grundwasser gestanden hätte. Für die oberen Bodenschichten ergab sich eine etwas größere Aufnahmefähigkeit für das Wasser, wenn sie damit durchtränkt waren, als wenn sie es nur vermöge der Kapillarkraft zurückhielten. Somit ist die Beschaffenheit des Untergrundes als Drainage für die Wasserverhältnisse im Boden sehr wichtig, da die Untergrunddrainage langsamer als diejenige in den oberen Schichten geschehen muß, soll der Grundwasserspiegel auf einem höheren Stand gehalten und den Pflanzenwurzeln möglichst nahe gebracht werden. Wenn die Bodenschichten mit Wasser gesättigt waren, enthielten sie um so weniger Luft, je tiefer sie unter der Oberfläche lagen, 1,5 m tief war in dem Boden fast keine Luft mehr vorhanden.

Allgemein scheint der Kapillarkraft eine wichtige Rolle darin zugeschrieben zu werden, daß sie das Grundwasser nach der Oberfläche befördert, wo es von den Pflanzen verwendet wird und die Mineralstoffe in Lösung hält. Indessen läßt sich daraus, daß der Pflanzenwuchs in trockener Jahreszeit selbst da an Wassermangel leidet, wo nur wenige Fuß unter der Bodenoberfläche beständig Wasser zu finden ist, schließen, daß für gewöhnlich die Kapillarkraft nicht sehr groß ist. Die Entfaltung des Wurzelwerkes verschiedener Gewächse beweist, daß sie sich mehr durch ihre Saugwurzeln als durch Kapillarkraft des Bodens Wasser verschaffen müssen. Wie unfähig die Kapillarkraft ist, dem Boden so schnell Wasser zuzuführen, als es ihm durch die Pflanzen entzogen wird, wird durch folgende Beobachtungen bewiesen: Am 13. Mai enthielt ein Boden, auf dem oben erst Mais aufzuwachsen anfang, auf 100 kg trockenen Boden 23,33 kg Wasser in der 15 cm dicken Oberflächenschicht, während 10 m davon entfernt auf derselben Bodenart die mit Klee bewachsene Oberflächenschicht nur 8,59% Wasser enthielt. Das Maisfeld enthielt in der Tiefe von 15 bis 30 cm 19,13% Wasser, in der Tiefe von 30 bis 45 cm 16,85% Wasser, für das Kleefeld betrug der Wassergehalt beziehungsweise 14,79 und 13,75%.

Um zu erfahren, in welcher Weise das Wasser in verschiedenen Bodenarten die sich in ihrem natürlichen Zustande befinden, aufsteigt, wurden die schon erwähnten Zinn-Zylinder mit ihren unteren Enden 25 mm tief in Wasser gestellt, nachdem der Boden trocken geworden war, und durch tägliche Wägungen wurde das Aufsteigen des Wassers vermerkt. Obwohl die Oberfläche der Zylinder nur 28 cm hoch über dem Wasser lag, und die umgebende Atmosphäre mit Wasser gesättigt war, so dauerte es doch 5 Tage, bevor der Feinsand an seiner Oberfläche feucht erschien, 6 Tage, ehe die erste, oberste Schicht, sowie die vierte durchfeuchtet waren, 18 Tage, ehe die dritte, und 22 Tage, ehe die zweite, 30 cm dicke Schicht oben feucht aussahen. Die Wägungen zeigten auch an, daß für die Kapillarkraft nicht 24 Tage genügt hatten, um 30 cm lange Säulen unzerstörten Bodens mit Wasser zu sättigen, worin sie 25 mm tief standen; sie hatten sogar nach 34 Tagen noch nicht ihren Sättigungspunkt erreicht.

Die langsame Bewegung des Wassers unter natürlichen Bedingungen beweisen auch folgende Thatsachen: In Boden, der Mais getragen hatte, wurde bis zur Tiefe von 0,9 m der Wassergehalt am 23. Oktober und nochmals am 13. De-



zember ermittelt, wie folgt, wobei zu bemerken ist, daß der Grundwasserspiegel 2,35 m unter der Oberfläche lag:

|                        | Wasser % in den Bodenschichten |          |          |
|------------------------|--------------------------------|----------|----------|
|                        | 0—30 cm                        | 30—60 cm | 60—90 cm |
| 23. Oktober . . . . .  | 10,22                          | 10,91    | 8,61     |
| 13. Dezember . . . . . | 21,26                          | 12,76    | 9,17     |
| Zunahme während        |                                |          |          |
| 51 Tagen % . . . . .   | 11,04                          | 1,85     | 0,56.    |

Während der Zeit waren 55 mm Regen gefallen, und da die oberste Bodenschicht von 0—30 cm nur 116 mm Regen aufzunehmen vermag, wie früher ermittelt wurde, oder 32,2% des trockenen Bodens, so sollte der Feuchtigkeitsgehalt der Oberflächenschicht auf ungefähr 26,22% gestiegen sein, er betrug jedoch nur 21,26%, so daß 5% durch Verdunstung und Kapillarität nach unten entfernt worden sind. Da der Boden nicht bewachsen war, muß die Verdunstung sehr gering gewesen sein, und da die Schicht von 30—60 cm nur 1,85% an Feuchtigkeit zunahm, so sind jene 5% auf diese Zunahme und die Verdunstung zu verrechnen. Sonach gewann die dritte Bodenschicht bei 60—90 cm, die nur 1,35 m vom Grundwasserspiegel entfernt war, in 51 Tagen von unten her nur eine sehr geringe Menge Wasser. Daraus erhellt, daß es wichtig ist, die im Boden vorhandene Feuchtigkeit und die durch den Regen im Sommer hineingelangende zu erhalten, als auch überflüssige Nässe durch Drainirung abzuleiten, und das nicht der Kapillarität zu überlassen.

Die Schnelligkeit, mit welcher sich das Wasser in den Kapillaren des Feinsandes bewegt, der sich unter den Versuchsfeldern hinzieht, wurde in folgender Weise gemessen: Ein verzinkter eiserner Zylinder, der 1,2 m lang und 0,3 m weit war, wurde mit dem Sand gefüllt und einem Ventilator gegenüber aufgestellt, so daß über die Sandoberfläche ein Luftstrom streichen konnte, dessen Geschwindigkeit mit einem Anemometer gemessen wurde. Am Boden des Zylinders befand sich Kies, der mit einem Tuche belegt war, und darüber grober Sand. Hierdurch war für einen fortwährend mit Wasser gefüllten Raum gesorgt, da dem Zylinder von unten her Wasser zugeführt wurde, so daß es in jeder gewünschten Höhe gehalten werden konnte. Vor dem Anfüllen mit Feinsand wurde der Zylinder mit Wasser beschickt, so daß der einfallende Sand von aller anhaftenden Luft befreit wurde und sich als eine mit Wasser gesättigte Schicht absetzte. Der Wasserspiegel wurde im Innern des Zylinders zuerst an der Oberfläche der Bodenschicht gehalten, dann um je 0,3 m bis zur Tiefe von 1,2 m gesenkt. Die Wassermenge, welche man unten her nachfließen ließ, betrug so viel als an der Oberfläche verdunstet war. Die mittlere tägliche Bewegung des Wassers in den Kapillaren ließ sich für den Feinsand, und zwar für 1 qm Oberfläche, wie folgt ausdrücken, wenn sich der Wasserspiegel in den gegebenen Höhen befand:

|                   |                      |         |         |          |
|-------------------|----------------------|---------|---------|----------|
| an der Oberfläche | 0,3 m                | 0,6 m   | 0,9 m   | 1,2 m    |
|                   | unter der Oberfläche |         |         |          |
|                   | 1,08 kg              | 1,12 kg | 1,04 kg | 0,61 kg  |
|                   |                      |         |         | 0,45 kg. |

Während das Grundwasser 1,2 m tief unter der Oberfläche gehalten wurde, wurden noch zwei Versuche angestellt, um über den Einfluß, den das Bearbeiten der Bodenoberfläche auf die Verdunstung und die kapillare Bewegung des Wassers

hat, Näheres zu ermitteln. In dem beschriebenen, mit Sand gefüllten Zylinder wurden das eine Mal 5 cm tiefe Schnittfurchen kreuz und quer durch die Oberfläche gezogen, das andere Mal wurde die Oberflächenschicht abgehoben und lose wieder darauf geworfen. Im ersten Fall nahm die Verdunstung zu, im zweiten verminderte sie sich. Die Stärke des Luftzugs, Temperatur und Feuchtigkeit der Luft waren fast dieselben, wie sie beim ersten Versuche mit dem Feinsand geherrscht hatten. Für die Bearbeitung des Bodens lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

Geräthe, wie Eggen, welche schmale und tiefe Furchen durch den Boden ziehen, ohne die dazwischenliegenden Streifen zu zerstören, veranlassen den Boden schnell und tiefgehend auszutrocknen. Geräthe, wie der Pflug, oder mancher Kultivator, die gänzlich die Bodenoberfläche zerstören und eine lockere Oberflächenschicht darstellen, veranlassen den lockeren Boden auszutrocknen, während der Verlust an Feuchtigkeit in den tieferen Schichten geringer ist. Tiefes Pflügen im Frühling, besonders wenn der Boden schwer und grob ist, eignet sich, um für Pflanzen mit flachgehenden Wurzeln die Feuchtigkeit im Boden zu vermindern, vorausgesetzt, daß starke Niederschläge ausbleiben. In derselben Weise läßt sich den Pflanzen mit tiefgehenden Wurzeln im Frühjahr die Wasserzufuhr unterhalb des Wurzelwerkes abschneiden. Flaches Pflügen oder Aufscharren der Oberfläche ist geeignet, die Verdunstung aus der Oberfläche zu vermindern, so daß die Wurzeln junger Pflanzen mit flachgehenden Wurzeln durch die Kapillarität Wasser von unten zugeführt erhalten. Walzen und Anwendung der Scheibenegege im zeitigen Frühjahr eignet sich, um das Wasser mit der Lösung der Mineralstoffe an die Oberfläche zu befördern und in dieser die Fruchtbarkeit für spätere Ausnutzung zu bewahren, wodurch verhindert wird, daß viel davon durch die Untergrunddrainage verloren geht.

**M. Whitney.** Ueber die Bodenfeuchtigkeit. Report of the Superintendent of Farm of the North Carolina Agricultural Experiment Station for 1887. Raleigh. 1888.

Verf. weist darauf hin, daß die Wirkungen der Temperatur auf das Wachstum der Kulturpflanzen, besonders von den Feuchtigkeitsmengen im Boden abhängig sind, und daß die Regenmengen zunächst nicht allein zur Beurtheilung der Wachstumsverhältnisse in Betracht zu ziehen sind, sondern an erster Stelle die Feuchtigkeitszustände des Bodens, indem diese sowohl durch die herrschende Temperatur, als auch durch die Entwicklung der Pflanzen wesentlich beeinflußt werden.

Im Allgemeinen finden wir, daß die besten Witterungsverhältnisse für das Wachstum der Baumwollpflanze jene sind, wo der Boden bei höherer Lufttemperatur 8—10%, oder ungefähr 170000—200000 Pfund Wasser pro Acre in der Feinerde der obersten 6 Zoll (ca. 15 cm) mächtigen Schicht enthält. Es ist hierbei zu beachten, daß ein höherer Feuchtigkeitsgehalt des Bodens innerhalb gewisser Grenzen im Verein mit einer hohen Temperatur für die Krautentwicklung am günstigsten ist, während ein geringerer Feuchtigkeitsgehalt und eine niedrigere Temperatur der Fruchtbildung besonders Vorschub leisten. Es muß daran erinnert werden, daß eine gute Fruchtbildung eine üppigere Entwicklung der Pflanzen, d. i. eine gewisse kräftigere Entfaltung des Krautes zur Voraus-

setzung hat, und daß ein mehr trockener Boden in den letzten Vegetationsstadien die Fruchtbildung begünstigt und die Reife beschleunigt. Dies steht mit den in den meisten Baumwolle produzierenden Staaten bestehenden Vegetationsverhältnissen im Einklang.

Den Einfluß der Bodenfeuchtigkeit auf das Wachstum der Baumwollpflanze suchte Verf. durch Bestimmungen des Wassergehaltes in vier untereinanderliegenden Bodenschichten von 6 Zoll Mächtigkeit unter gleichzeitiger Beobachtung des Wachstums und des Zustandes des Bodens in Bezug auf Bearbeitbarkeit darzulegen. Die Feuchtigkeitsbestimmungen wurden alle 8 Tage vorgenommen. Der Boden bestand aus einem sandigen Lehm von 8 Zoll Mächtigkeit und einem thonigen Untergrunde. Derselbe war mit Baumwolle bepflanzt. Ueber die Ergebnisse giebt folgende Tabelle Auskunft.

| 1887.<br>Datum. | Feuchtigkeitsgehalt der<br>Felderde<br>in einer Tiefe von |                    |                     |                     | Regen-<br>fall pro<br>Woche.<br>Zoll. | Beschaffenheit der Boden-<br>oberfläche.  |
|-----------------|-----------------------------------------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------|
|                 | 0-6<br>Zoll.<br>%                                         | 6-12<br>Zoll.<br>% | 12-18<br>Zoll.<br>% | 18-24<br>Zoll.<br>% |                                       |                                           |
| 22. April.      | 8,38                                                      | 11,69              | 13,69               | 16,11               | 0,43                                  | Gut.                                      |
| 29. "           | 18,45                                                     | 13,74              | 17,11               | 19,64               | 1,42                                  | Sehr naß, starke Winde.                   |
| 5. Mai          | 7,71                                                      | 11,88              | 17,05               | 19,68               | 0,00                                  | Gutes Wachstumswetter.                    |
| 13. "           | 11,98                                                     | 12,02              | 15,02               | 18,61               | 1,11                                  | Eher zu naß zum Bearbeiten.               |
| 19. "           | 10,40                                                     | 11,29              | 14,66               | 16,04               | 0,00                                  | Trocken für eine so hohe Temperatur.      |
| 27. "           | 13,67                                                     | 13,57              | 14,74               | 18,69               | 1,70                                  |                                           |
| 4. Juni         | 14,42                                                     | 14,69              | 15,01               | 19,21               | 1,79                                  | Zu naß zum Bearbeiten.                    |
| 11. "           | 14,25                                                     | 12,97              | 14,29               | 20,02               | 1,83                                  |                                           |
| 18. "           | 11,55                                                     | 11,48              | 15,75               | 19,94               | 0,00                                  | Hohe Temperatur. Gutes Wachstumswetter.   |
| 25. "           | 10,20                                                     | 13,74              | 13,18               | —                   | 3,25                                  | Zu naß zum Bearbeiten. <sup>1)</sup>      |
| 2. Juli         | 10,58                                                     | 11,74              | 14,10               | 18,51               | 0,00                                  | Vortreffliche Beschaffenheit.             |
| 9. "            | 16,62                                                     | 14,66              | 17,19               | 21,22               | 3,03                                  | Zu naß zum Bearbeiten.                    |
| 16. "           | 10,55                                                     | 11,77              | 16,55               | 21,47               | 0,00                                  | Vortreffliche Beschaffenheit.             |
| 25. "           | 12,22                                                     | 13,84              | 18,94               | 21,66               | 1,87                                  | Eher zu naß zum Bearbeiten. <sup>2)</sup> |
| 30. "           | 15,11                                                     | 13,80              | 18,19               | 20,46               | 1,02                                  | Zu naß, Schauer und Nebel.                |
| 6. Aug.         | 12,68                                                     | 15,48              | 20,04               | 22,77               | 3,40                                  | Sehr naß von Regenschauern.               |
| 13. "           | 10,06                                                     | 13,00              | 20,41               | 23,34               | 0,24                                  | Gute Beschaffenheit.                      |
| 20. "           | 11,73                                                     | 11,89              | 15,84               | 20,25               | 2,22                                  | Sehr feucht von vielem Regen.             |
| 27. "           |                                                           | gesättigt          |                     |                     | 4,34                                  | So naß, daß keine Proben genommen wurden. |
| 3. Septbr.      | 10,10                                                     | 13,00              | 16,89               | 21,13               | 0,79                                  | Günstige Beschaffenheit.                  |
| 10. "           | 5,20                                                      | 9,04               | 16,11               | 19,34               | 0,00                                  | Trocken. <sup>3)</sup>                    |
| 17. "           | 5,58                                                      | 7,69               | 16,70               | 20,85               | 0,40                                  | Trocken. <sup>3)</sup>                    |
| 24. "           | 8,36                                                      | 7,84               | 14,49               | 19,42               | 0,39                                  | Gut für die Jahreszeit.                   |
| 1. Oct.         | 10,65                                                     | 9,29               | 13,89               | 16,63               | 1,53                                  | Zu naß für Baumwolle.                     |
| 8. "            | 6,26                                                      | 7,03               | 11,70               | —                   | 0,00                                  | Trocken. <sup>3)</sup>                    |
| 15. "           | 4,00                                                      | 5,53               | 8,09                | 20,31               | 0,10                                  | Sehr trocken. <sup>3)</sup>               |

Notizen. Das Feld war mehrere Jahre nicht gedüngt. Saat am 20. April. Die Pflänzchen erschienen am 4. Mai an der Bodenoberfläche. Frühling und Sommer waren ausgezeichnet für das Graswachstum. <sup>1)</sup> Am Anfang der Woche war das Wetter außerordentlich heiß. <sup>2)</sup> Extrem heiß. Der Boden war von guter Beschaffenheit für eine mildere Temperatur. Hernach trat eine Reihe schwerer Gewitterschauer auf. <sup>3)</sup> Vorzügliche Beschaffenheit in Bezug auf das Reifen.

Durch diese Zahlen werden obige Ausführungen über die Beziehungen der Bodenfeuchtigkeit zum Wachstum der Baumwollpflanze bestätigt.

Es ist auch interessant, korrespondirende Perioden zweier Jahre zu vergleichen, so z. B. den Juni im Jahre 1886 und 1887. Die Bodentemperatur war im Juni 1887 meist höher, die Bodenfeuchtigkeit durchweg niedriger als im Juni 1886, obwohl im ersteren Fall die Regenhöhe 6,22 Zoll, im letzteren 4,8 Zoll betrug, also um 1,42 Zoll niedriger war. Diese Unterschiede wurden durch solche in der Dauer des Sonnenscheins hervorgerufen. Nach den bezüglichen Messungen betrug nämlich im Jahre 1887 der Sonnenschein 73,30%, im Jahre 1886 nur 47,92% von dem überhaupt möglichen. Die stärkere Bestrahlung, im Verein mit einer höheren Bodentemperatur hatte ohne Zweifel im Juni 1887 im Vergleich zu dem gleichen Monat im Jahre 1886 eine stärkere (der Vegetation günstige) Verdunstung veranlaßt und dadurch eine ergiebigere Austrocknung des Bodens bewirkt. Dieses Beispiel zeigt deutlich, daß die Regenhöhe für die von dem Ackerlande eingeschlossene Wassermenge nicht ohne Weiteres maßgebend ist. *E. W.*

*P. P. Dehérain. Studien über die Drainwässer. Annales agronomiques. T. XVI. Nr. 8. p. 337—358.*

Die vorliegenden Untersuchungen bilden eine Fortsetzung derjenigen über die Erschöpfung des ungedüngten Ackerlandes durch die Kultur<sup>1)</sup>, durch welche Verf. feststellte, daß die in den Erträgen hervorgetretenen Unterschiede auf solche in dem Gehalt des Bodens an organischen Substanzen zurückzuführen seien. Hier nach handelte es sich weiters darum, zu ermitteln, auf welchen Ursachen die nützliche Einwirkung jener Substanzen auf die Fruchtbarkeit des Bodens beruhe. Die Meinung, daß die organischen Stoffe einen günstigen Einfluß auf die physikalischen Eigenschaften, besonders auf die Wasserkapazität des Bodens ausüben, glaubt Verf. durch die früheren Versuche widerlegt zu haben. Da die humosen Stoffe auch nicht direkt zur Ernährung der Gewächse beitragen, so blieb nur noch zu untersuchen übrig, inwieweit die fraglichen Bestandtheile bei der Nitrifikation eine Rolle spielen, in specie ob die Abnahme der organischen Stoffe mit einer Verminderung der gebildeten Nitrate im Zusammenhang stände. Hierüber gaben bereits die früheren Versuche Auskunft, indem sie zeigten, daß die erschöpften Erden reichliche, zur Hervorbringung einer guten Ernte erforderliche Mengen von Nitraten entwickeln. Verf. sah sich nunmehr auf Grund aller dieser Wahrnehmungen veranlaßt, seine Aufmerksamkeit auf die Drainwasser zu lenken.

Verf. führte seine Versuche in Töpfen aus, welche 30 kg Erde der betreffenden Parzellen enthielten. Am Boden der Töpfe war eine dicke Schicht von Grand angebracht, auf welcher die Erde aufruhete, und welche dazu diente, letztere zurückzuhalten. Das Sickerwasser, welches durch eine im Boden der Töpfe angebrachte Röhre abfloß, wurde in einem untergestellten, vor dem Zutritt von atmosphärischem Staub geschützten Gefäß aufgefangen. Die Erden blieben unbepflanzt. Ueber die bei mit einer Pflanzendecke versehenen Erden gewonnenen Resultate behält sich Verf. weitere Mittheilungen vor.

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd XIII. 1890. S. 86.

Wie der Verf. bemerkt, entspricht die beschriebene Vorrichtung insofern nicht den natürlichen Verhältnissen, als durch die seitliche Erwärmung der Töpfe die Erde in denselben wärmer und trockener war als auf dem Felde<sup>1)</sup>. Die höhere Temperatur trägt natürlich zu einem intensiveren Verlauf des Nitrifikationsprozesses bei, während die stärkere Austrocknung eine Verminderung desselben veranlaßt. Ob hierdurch ein Ausgleich herbeigeführt wird, derart, daß die Vorgänge in der Erde der Töpfe denen unter natürlichen Verhältnissen im Gesamtergebnisse annähernd gleichkommen, läßt sich natürlich nicht ermes sen. Immerhin dürften die Resultate, nach Meinung des Verf., zur Beurtheilung der Nitrifikation in einem so trockenen und warmen Klima, wie dasjenige in der Umgebung von Paris ist, brauchbar sein.

Die Unterschiede in den Drainwassermengen aus den verschiedenen Erden waren unwesentlich. Im Mittel zeigte die früher als Wiese niedergelegte, die gedüngte und nicht gedüngte Erde in den verschiedenen Jahreszeiten folgende Verhältnisse:

|                  | Regen.<br>mm | Drainwässer.<br>mm | Verhältniß der Drainwässer<br>= 1 zum Regen. |
|------------------|--------------|--------------------|----------------------------------------------|
| Frühling . . . . | 152,5        | 46,6               | 3,2                                          |
| Sommer . . . .   | 164,0        | 7,6                | 21,5                                         |
| Herbst . . . . . | 79,5         | 59,5               | 1,3                                          |
| Winter . . . . . | 105,3        | 76,6               | 1,4                                          |
|                  | 501,3        | 190,3              | 2,7.                                         |

Im Verlauf des ganzen Jahres (vom Juni 1889 bis zum Juni 1890) sickerten sonach 37,7% der gefallen en Regenmenge durch den Boden. *Warrington* fand in *Rothamsted* bei einer Regenhöhe von 772 mm 40,6% davon in der Drainage. In Bezug auf die Vertheilung der Drainwassermengen über die verschiedenen Jahreszeiten hatte letztgenannter Forscher (Mittel vom Juni 1879 bis zum Mai 1886) Folgendes ermittelt:

|                      | Regen.<br>mm | Drainwässer.<br>mm | Verhältnisse d. Drainwässer<br>= 1 zum Regen. |
|----------------------|--------------|--------------------|-----------------------------------------------|
| März—Juni . . . .    | 244          | 81                 | 3,00                                          |
| Juli—September . . . | 235          | 76                 | 3,00                                          |
| Oktober—Februar . .  | 375          | 292                | 1,27.                                         |

Das Verhältniß der Regen- zur Drainwassermenge ist also an den beiden Versuchsorten für den Frühling und Winter identisch; dagegen ergeben sich Abweichungen für den Sommer, indem in *Grignon* die Drainwassermengen in dieser Jahreszeit gegenüber jenen in *Rothamsted* außerordentlich niedrig ausfielen. Die Ursache hiervon beruht auf der extrem hohen Temperatur und der Trockenheit, welche im Sommer 1889 in der Umgegend von Paris herrschten. Im Uebrigen folgt aus den mitgetheilten Zahlen, daß die größten Drainwassermengen im Winter abgeführt wurden, dann folgen in absteigender Reihe der Herbst, der Frühling und der Sommer<sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> Dem bezeichneten Uebelstande hätte leicht durch Eingraben der Töpfe in den Boden bis zum Rande abgeholfen werden können. D. Ref.

<sup>2)</sup> In Deutschland ist die Drainage eine zum Theil andere. Vergl. diese Zeitschrift. Bd. XI. 1888. S. 61.

Bei der Untersuchung der Drainwässer auf ihren Gehalt an Nitraten ergaben sich, pro ha berechnet, folgende Daten.

| Beschaffenheit des Bodens.              | Salpeterstickstoff in kg pro Hektar. |                             |                                            |                                               | Jahr. |
|-----------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------|
|                                         | Sommer.<br>Juni—Okt.<br>1889.        | Herbst.<br>Oktober<br>1889. | Winter.<br>Nov. bis<br>7. Februar<br>1890. | Frühling.<br>7. Febr. bis<br>31. Mai<br>1890. |       |
| Erde, seit 1875 als Wiese gehalten . .  | 7,1                                  | 71,3                        | 11,3                                       | 14,3                                          | 104,0 |
| Erde, regelmäßig mit Stalldüngergedüngt | 20,7                                 | 87,5                        | 16,8                                       | 12,5                                          | 137,5 |
| Erde, seit 1875 ungedüngt . . . . .     | 11,8                                 | 57,9                        | 10,4                                       | 12,6                                          | 92,7  |
| Mittel . . . . .                        | 13,2                                 | 72,2                        | 12,8                                       | 13,1                                          | 111,4 |

Ein Kubikmeter Drainwasser enthielt Salpeterstickstoff in Grammen:

| Beschaffenheit des Bodens.               | Sommer | Herbst | Winter   | Frühling |
|------------------------------------------|--------|--------|----------|----------|
|                                          | 1889.  | 1889.  | 1889/90. | 1890.    |
| Erde, seit 1875 als Wiese behandelt .    | 117    | 143    | 15       | 27       |
| Erde, regelmäßig mit Stalldünger gedüngt | 242    | 186    | 22       | 27       |
| Erde, seit 1875 ungedüngt . . . . .      | 143    | 117    | 11       | 26       |
| Mittel . . . . .                         | 167    | 148    | 16       | 27       |

Im Sommer war die Menge der ausgewaschenen Nitrats eine verhältnißmäßig geringe. Zu dieser Jahreszeit war zwar, wie aus den Zahlen der zweiten Tabelle hervorgeht, die Nitrifikation eine energische, es wurden große Mengen von Nitraten in Folge der hohen Temperatur gebildet, aber diese blieben dem Boden erhalten, weil derselbe einen geringen Wassergehalt besaß und deshalb geringe Mengen von Sickerwasser lieferte. Bei dem Eintritt einer längeren Regenperiode im Herbst und reichlichem Abfluß der Drainwasser gingen die im Sommer gebildeten Nitrats dem Boden zu einem großen Theil verloren. Während des Winters und Frühjahrs nahmen die betreffenden Werthe bedeutend ab.

Die Verluste, welche der Boden durch die Herbstdrainage erleidet, werden in einem bepflanzen Boden zwar geringer sein als in vorliegendem Falle, weil die Pflanzen die Nitrats zum Theil sich aneignen, andererseits die Drainwassermengen unter solchen Umständen weniger ergiebig sind, jedoch ist zu bedenken, daß bei dem Anbau von Getreide, welches Anfang des Herbstes der Reife entgegengeht, die Stickstoffaufnahme zu dieser Jahreszeit eine minimale ist, und daß bei der Kultur dieser Gewächse die Stickstoffverluste in Folge dessen immerhin beträchtlich sein dürften. Dieselben werden offenbar vermehrt, wenn der Boden im Herbst für die folgende Sommerfrucht bearbeitet wird. Um der Auswaschung der Nitrats durch die Herbstdrainage zu begegnen, empfiehlt Verf. den Anbau von Raps und Rüben, welche den Winter über stehen bleiben und

im Frühjahr untergeackert werden, ein Verfahren, welches bereits *Warington*<sup>1)</sup> seiner Zeit empfohlen hat. Durch solche Gewächse wird ein großer Theil der Nitrates in organischen Stickstoff und zwar in solche Verbindungen übergeführt, welche sich, nach der Unterbringung der betreffenden Pflanzen, leicht in Ammoniak, resp. Salpetersäure umwandeln.

Bezüglich der Bildung der Nitrates in den verschiedenen Böden stellte sich nach den mitgetheilten Daten heraus, daß der mit Stalldünger gedüngte Boden die größten Stickstoffverluste erlitten hatte, dann folgte der Wiesenboden, während das ungedüngte Land die geringste Einbuße erfahren hatte. Daß der Wiesenboden weniger Nitrates an die Drainwässer abgeben hatte als die gedüngte Erde, obwohl die Stickstoffmengen in beiden gleich waren, glaubte Verf. darauf zurückführen zu sollen, daß die organischen Stoffe in jenem erst gewisse Veränderungen erfahren müssen, ehe der in ihnen enthaltene Stickstoff dem Salpeterferment zugänglich wird.

Aus dem Umstande, daß die nicht gedüngten Erden in diesen Versuchen, wie in früheren, nicht unerhebliche Mengen von Nitraten gebildet hatten, leitet Verf. die Schlußfolgerung ab, daß die geringe Fruchtbarkeit des Bodens in Bezug auf das Wachsthum der Rübe und des Klees, wie solche in die Erscheinung getreten war, nicht auf der Abwesenheit nitrifizirender Substanzen beruhen könne. Eine in Aussicht gestellte Abhandlung über den Einfluß der Humusstoffe auf das Wachsthum der Kulturpflanzen soll nachweisen, daß die Ursache der Sterilität des ungedüngten Bodens in dem Mangel an Humussubstanz zu suchen, und daß letztere überhaupt ein wesentliches Element für die Entwicklung verschiedener Pflanzen sei.

*E. W.*

***E. Ramann.*** Die Einwirkung der Streuentnahme auf Lehmböden. Zeitschrift f. Forst- und Jagdwesen. 1890. S. 526—546.

***Ad. Mayer.*** Beiträge zu den Methoden der praktischen Bodenanalyse. Journal f. Landwirtschaft. 1890. Heft 2. S. 157—163.

***Th. Schöbting.*** Ueber die Absorption des Ammoniaks der Luft durch den Ackerboden. Comptes rendus. 1890. T. CX. Nr. 9. p. 429—434 und Nr. 10 p. 499—504.

***S. Winogradsky.*** Untersuchungen über die Organismen der Nitrifikation. Annales de l'Institut Pasteur. 1890. Nr. IV und V. p. 113 u. 257. — Chemisches Centralblatt. 1890. I. S. 1061—1062. II. S. 110—112.

***P. F. Frankland, G. C. Frankland*** und ***R. Warington.*** Der Nitrifikationsprozeß und seine spezifischen Fermente. Chemical News. 1890. Bd. LXI. Nr. 1582. p. 135. 136.

***T. Leone.*** Nitrifikation und Denitrifikation in der Pflanzenerde. Atti della R. Accademia dei Lincei. Rendiconti. 1890. Ser. 4. Vol. VI (1). p. 33.

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. VI. 1883. S. 71.

**A. Müntz.** Ueber den Zerfall der Gesteine und die Bildung von Erde. Comptes rendus. T. CX. 1890. Nr. 26. p. 1370—1373.

**A. Pagnoul.** Untersuchungen über den Stickstoffgewinn und -Verlust der nackten und kultivirten Ackererde. Annales agronomiques. T. XVI. 1890. Nr. 6. p. 250—261.

**G. Paturel.** Beobachtungen über die Bildung einer dauernden Wiese. Ann. agron. T. XVI. 1890. Nr. 4. p. 177—190.

**A. Petermann.** Beitrag zur Stickstofffrage. Bull. de la Station agron. de l'État de Gembloux. 1890. Nr. 47. p. 1—17.

**B. Frank.** Ueber die Pilzsymbiose der Leguminosen. Landw. Jahrbücher. Bd. XIX. 1890. Heft 4. S. 523—640.





## II. Physik der Pflanze.

### Abnormitäten an Haferpflanzen, hervorgerufen durch Beleuchtungsverhältnisse.

Von Professor Dr. C. Kraus in Weihenstephan.

Zu besonderen Versuchszwecken wurden Haferpflanzen in Blumentöpfen im Zimmer von Mitte Oktober 1889 bis Anfang Juni 1890 kultivirt, und an diesen Pflanzen die nachfolgend beschriebenen Aenderungen des normalen Entwicklungsgangs beobachtet. Die Pflanzen verweilten während der ganzen Vegetationszeit dicht an einem nach Osten gerichteten Fenster, wo sie zu Folge gegenüberstehender Gebäulichkeiten und Bäume während des Winters nur spärlich direktes Sonnenlicht empfangen; zeitweise herrschte auch wochenlang trübes, nebeliges Wetter. Erst mit Ausgang des Winters, wurden die Beleuchtungsverhältnisse besser, die Pflanzen empfangen täglich immer länger direktes Sonnenlicht. Der erste Theil der Entwicklung, von der Keimung ab, vollzog sich sonach bei schwacher, der zweite Theil bei guter Beleuchtung.

In der ersten Zeit wuchsen die Pflanzen mit dem Habitus, wie er sich bei schwacher Beleuchtung ausbildet, es entstanden verhältnißmäßig lange und schmale Blätter und dünne, vorzeitig sich streckende Internodien. Ende Oktober waren bereits 6 bis 7 Blätter ausgebildet, Ende Januar 9 (die untersten zwei bereits dürr). Mitte Februar, als die Pflanzen meist 10 Blätter hatten, wurden etliche Exemplare näher untersucht.

#### Pflanze Nr. 1.

Die Pflanze hat bloß die Samenknotenwurzeln, der zweite Knoten befindet sich an der Erdoberfläche, wo es sehr trocken ist (die Wasser-

zufuhr geschah von unten her). Halmlänge 43 cm. Die ersten 5 Internodien sind sehr dünn (Durchmesser 1 bis  $1\frac{1}{4}$  mm), erst die folgenden sind kräftiger. Ebenso sind die unteren Blätter schwächlich, erst die oberen 3 bis 4, welche bei besserer Beleuchtung entstanden sind, sind länger und breiter. Bestockungsprosse fehlen.

#### Pflanze Nr. 2.

Schwächliches Individuum. Hat außer den Keimwurzeln etliche Würzelchen aus dem zweiten Knoten. Halmlänge 28 cm. Sonst wie Nr. 1.

#### Pflanze Nr. 3.

Nur die Keimwurzeln. Halmlänge 41 cm. Sonst wie Nr. 1.

#### Pflanze Nr. 4.

Wie Nr. 3. Halmlänge 31 cm.

Länge der Internodien (Millimeter):

| Pflanze<br>Nr. | I. | II. | III. | IV. | V. | VI. | VII. | VIII. | IX. |
|----------------|----|-----|------|-----|----|-----|------|-------|-----|
| 1              | 10 | 22  | 46   | 26  | 20 | 51  | 80   | 90    | 82  |
| 2              | 10 | 10  | 22   | 27  | 45 | 50  | 70   | 39    |     |
| 3              | 12 | 15  | 45   | 45  | 40 | 65  | 90   | 87    |     |
| 4              | 12 | 16  | 26   | 22  | 50 | 85  | 90.  |       |     |

Die Pflanzen haben sich demnach nicht so entwickelt, wie man hätte erwarten sollen, nämlich nicht so, daß sie nach Ausbildung einer normalen Internodienzahl ihr Wachstum mit einer der Schwächlichkeit der Pflanzen entsprechend schwachen Rispe beschlossen hätten, vielmehr hat sich die Blatt- und Stengelbildung über das normale Maß hinaus fortgesetzt. Erwähnenswerth ist ferner, daß die Keimwurzeln während der vergangenen ca. 15 Wochen ausdauerten und die alleinigen Bodenernährungsorgane geblieben sind.

Drei Pflanzen (in einem Topf) wurden weiter beobachtet. Die Blattbildung setzte sich fort, die Halmglieder wurden kräftiger, endlich Anfang April erschien bei zwei Pflanzen ein Aehrchen als Spitze der Rispe. Es dauerte lange, bis die unteren Rispenheile aus der Blattscheide hervorkamen. Während dieser späteren Entwicklungsperiode machte sich an allen Knoten die Neigung geltend, Wurzeln zu treiben, bei zwei Pflanzen entstanden aus mehreren der unteren Knoten, theil-

weise ziemlich entfernt von der Erdoberfläche, Sprosse, welche sich bestockten und verhältnißmäßig kräftig entwickelten, ohne Gelegenheit zu haben, die Wurzelanlagen ihrer Basalknoten zu entwickeln und sich selbstständig einzuwurzeln<sup>1)</sup>.

Am 26. April wurde die erste Photographie der Pflanzen aufgenommen (Tafel IV).

Auffällig ist bei allen Pflanzen die abnorm große Zahl der Internodien und Blätter, indem jede Axe 14 Laubblätter gebildet hat. Pflanze Nr. 1 (links) hat an der Spitze eine Rispe, eigenthümlicher Weise aber ist die Axe oberhalb der Scheide des obersten Laubblattes nochmals von einer Scheide umgeben, die keine Spreite trägt. Am Bild erkennt man auch einen Bestockungsproß ziemlich über dem Boden (zwei andere, stärkere, brachen bei der Vorbereitung zum Photographiren ab). Pflanze Nr. 2 (rechts) hat ebenfalls eine Rispe, die Axe ist über der Scheide des obersten Laubblattes gleichfalls von einer weiteren Scheide umhüllt, die aber eine kümmerliche, zweitheilige Spreite trägt. Bei dieser Pflanze sieht man ein verhältnißmäßig kräftiges Bestockungsproßsystem in der Nähe des Bodens, ein zweites, höher inserirtes, ist abgebrochen. Pflanze Nr. 3 (die mittlere) sieht eigenthümlicher aus: neben der oberen Rispe schiebt sich seitlich eine zweite hervor, zwischen beiden ragt aus der Scheide des obersten Laubblattes die ziemlich kräftige Spreite eines Laubblattes hervor, auch sieht man links an der Basis der unteren Rispe ein kürzeres, scheidenförmiges Blatt. Bestockungssprosse fehlen.

Diese eigenthümlichen Bildungen veranlaßten zu weiterer Kultur der Pflanzen, bis die Entwicklung zur Entfaltung aller Theile vorgeschritten war. Am 2. Juni wurden die Pflanzen geerntet, genauer untersucht und die oberen Enden, entsprechend auseinandergebreitet, photographirt (Tafel V).

#### Pflanze Nr. 1.

Aus allen Knoten sind Wurzeln entstanden, die meisten nur ganz kurz, längere Wurzeln haben der 10. Knoten (1 Wurzel, 5,2 cm) und der

---

<sup>1)</sup> Von anderer Seite wurde beobachtet, daß Sprosse von Getreidepflanzen, welche ihre eigenen Wurzeln getrieben haben, in der Entwicklung zurückbleiben, schließlich sogar welken und vertrocknen, wenn man deren Wurzeln abschneidet. (*Wollny*, Saat und Pflege der landw. Kulturpflanzen. S. 566. Anm. 1.)

11. Knoten (3 Wurzeln, 5,8 bis 6 cm). Auf dem 4. Knoten sitzt ein Sproßsystem aus zwei kräftigen Sprossen und einem schwächeren; die kräftigeren Sprosse haben die Rispe getrieben, Höhe 25 cm. Das oberste Blatt eines dieser Sprosse hat keine Spreite. Auf dem 5. Knoten sitzt ein Sproßsystem aus drei kräftigen Sprossen (beide mit Rispe, Höhe 30 und 35 cm) und einem schwächeren; auf dem 6. Knoten ein System von zwei Sprossen, einer stärker und mit Rispe, 25 cm hoch, der andere schwächer. Keiner der Bestockungstriebe ernährt sich mit eigenen Wurzeln.

Die Hauptaxe schließt mit einer Rispe von 55 cm. Gesamtlänge der Hauptaxe 129,8 cm. Die Hauptaxe (Tafel V, rechts; Holzschnitt Fig. 1) erzeugt am Beginn der Blütenstandsregion zwei Blätter, das eine (1) 16 cm lang, rein scheidenförmig, das andere (2) mit kümmerlicher Spreite (Scheide 14, Spreite 6 cm). Beide Blätter haben Achsel-sprosse. Der Sproß im Winkel von Blatt 1 ist 19,5 cm lang. Er beginnt mit der Erzeugung eines 10 cm langen, häutigen Vorblattes, dann folgt in normaler Stellung ein Blatt mit 10,5 cm langer Scheide und 7,5 cm langer Spreite, hierauf ein solches mit 7,5, resp. 2,5 cm langer Scheide und Spreite. Das basale Internodium ist dick, 1,5 cm lang, das zweite 2 cm. Diese Axe endigt als schwache Rispe. — Der Sproß von Blatt 2 ist kräftiger, 30 cm lang. Er hat an der Spitze des 3 cm langen basalen Internodiums ein 9 cm langes, dünnhäutiges Scheidenblatt. Dies Scheidenblatt

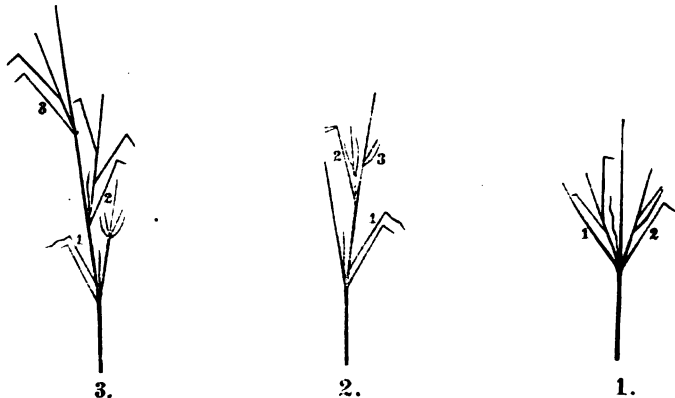


Fig. 5.

trägt ein schwaches Sprößchen, beginnend mit einem adossirten Scheidenblatt, dann folgen zwei spelzenartige dünnhäutige Schuppen, hierauf

etliche verkümmerte, schließlich drei normale Aehrchen. Der Achsel sproß des Blattes 2 der Hauptaxe endigt ganz wie jener des Blattes 1 als Rispe.

### Pflanze Nr. 2.

Aus 12 Knoten sind Wurzeln hervorgebrochen, meist nur etliche Millimeter lang, aus dem 5. Knoten aber eine solche von der Länge des ganzen Internodiums, an welchem sie dicht angedrückt entlang läuft; ferner zwei Wurzeln aus dem 12. Knoten, 9 und 12 cm lang, ebenfalls dem (nächst unteren) Internodium angedrückt. Auf dem 4. Knoten sitzt ein Sproßsystem von fünf Sprossen, drei davon mit Rispe, der längste 40 cm hoch; auf dem 5. Knoten ein solches von drei Sprossen, der stärkste 45 cm mit Rispe. Die basalen Knoten dieser Sprosse haben zahlreiche, aber höchstens einige Millimeter lange Wurzeln, die Ernährung geschieht von der Mutteraxe aus.

Die Hauptaxe schließt mit einer Rispe von 32 cm Länge. Gesamtlänge der Hauptaxe 110 cm. Aus der Achsel ihres obersten Laubblattes (Tafel V, linke Pflanze; Holzschnitt Fig. 2) ist ein kräftiger Sproß entstanden, der mit einer Rispe endigt. Er erzeugt zuerst ein adossirtes, 11 cm langes Vorblatt, dann folgen in normaler Stellung zwei Laubblätter, das untere (1) mit kümmerlicher Spreite (Scheide 14, Spreite 8 cm), das obere (2) mit getheilter Spreite (Scheide 14, Spreite 11 cm). Darüber folgt ein 3. Blatt, ein dünnhäutiges Scheidenblatt von 3 cm Länge. Das basale Internodium mißt 0,5, das 2. 12,5, das 3. 1,5 cm, darüber hinaus verlängert sich die Axe noch auf 34 cm. — Blatt 1 trägt keinen Achsel sproß, wohl aber Blatt 2. Derselbe ist schwach, erzeugt erst ein adossirtes Scheidenblatt von 8 cm Länge, dann folgt ein dünnhäutiges 4 cm langes Scheidenblatt. Das Ende der Axe geht in eine kleine Rispe aus. Blatt 3 trägt ein schwaches, Aehrchen entwickelndes Sprößchen.

### Pflanze Nr. 3.

12 Knoten haben meist nur etliche Millimeter lange Wurzeln, nur aus dem 12. Knoten eine längere Wurzel, welche zwischen Halm und Blattscheide die ganze Länge eines Internodiums abwärts gewachsen ist. Keine Sproßbildung aus den unteren Knoten.

Die Hauptaxe schließt mit einer Rispe und mißt insgesamt 101,2 cm. Sie entwickelt oberhalb des obersten Laubblattes (Tafel V,

die mittlere Pflanze; Holzschnitt Fig. 3) zunächst ein 12 cm langes, 2,5 cm dickes Internodium, an dessen oberem Ende sitzen 2 Scheidenblätter (Länge 5 und 2,5 cm), deren jedes einen Achsel sproß hat, der mit einer kleinen Rispe endigt.

In der Achsel ihres obersten Laubblattes erzeugt die Hauptaxe einen kräftigen, 73 cm langen, mit Rispe endigenden Sproß. Dieser entwickelt zunächst ein mit dem Rücken der Hauptaxe zugekehrtes Scheidenblatt von 10 cm Länge, dann 3 normalstehende Laubblätter (1, 2, 3), das erste mit schwächlicher Spreite (Scheide 10,5, Spreite 4 cm), die oberen mit gut entwickelter Spreite. Das 1. Internodium mißt 1, das 2. 12, das 3. 13 cm. — Laubblatt 2 hat einen als Blütenstand endigenden Achsel sproß von 20 cm Länge. Derselbe hat erst ein 8 cm langes Vorblatt, dann folgen 2 Laubblätter (Scheide 6, Spreite 8, resp. 10 und 9 cm). Länge des 1. Internodiums 3, des 2. 4 cm. — Laubblatt 3 hat einen Achsel sproß von 30 cm Länge, als Rispe endigend; er hat nur ein Laubblatt mit kümmerlicher Spreite (Scheide 13, Spreite 3 cm). Länge des basalen Internodiums 4 cm.

Die Längen der Internodien der Hauptaxen der 3 Pflanzen (Millimeter) sind nachfolgend zusammengestellt:

| Pflanze<br>Nro. | I. | II. | III. | IV. | V. | VI. | VII. | VIII. | IX. | X. | XI. | XII. | XIII. | XIV. |
|-----------------|----|-----|------|-----|----|-----|------|-------|-----|----|-----|------|-------|------|
| 1               | 10 | 20  | 33   | 22  | 27 | 47  | 95   | 95    | 82  | 58 | 52  | 72   | 80    | 65   |
| 2               | 12 | 20  | 35   | 18  | 27 | 57  | 95   | 80    | 88  | 70 | 78  | 92   | 90    | 106  |
| 3               | 10 | 15  | 27   | 34  | 25 | 38  | 52   | 58    | 90  | 70 | 55  | 65   | 80    | 68.  |

Die ersten 5 Internodien sind dünn (1 bis  $1\frac{1}{4}$  mm Durchmesser), die folgenden werden allmählich kräftiger (bis zu 4 mm Durchmesser). Analog verhält es sich mit der Ausbildung der Blätter.

#### Vergleich der drei Pflanzen mit einander und mit normalen.

Die Abnormitäten der drei Pflanzen lassen sich leicht auf einander zurückführen. Zunächst stehen sich Nr. 2 und 3. In beiden Fällen entspringt aus der Achsel des obersten Laubblattes der Hauptaxe ein kräftiger, sich in Richtung der Hauptaxe stellender Sproß. Bei Pflanze Nr. 2 ist er schwächer, er erzeugt nur 2 Laubblätter und schwächere Aussprossungen; bei Pflanze Nr. 3 ist er stärker, er bildet 3 Laubblätter mit stärkeren, selbst wieder Laubblätter tragenden Verzweigungen. Der

Unterschied rührt wohl daher, daß Pflanze Nr. 3 keine, Nr. 2 aber 2 Bestockungsproßsysteme aus den unteren Halmknoten entwickelte; natürlich könnte aber letzteres ebensogut die sekundäre Folge der schwächeren Ausbildung der Seitenaxe sein.

Während sich bei Pflanze Nr. 2 die Hauptaxe oberhalb ihres obersten Laubblattes normal verhält, erzeugt jene von Nr. 3 unter der Endrispe erst noch zwei Blätter mit Achsel sproßchen. Sie ist hierin das verkleinerte Gegenstück der Hauptaxe von Pflanze Nr. 1. Diese hat unter der terminalen Rispe ebenfalls zwei und zwar kräftigere Blätter mit stärkeren und deshalb stärkere Blattbildungen erzeugenden Achsel sprossen. Da Pflanze Nr. 1 im Winkel des obersten Laubblattes der Hauptaxe keinen Achsel sproß gebildet hat, wurde es möglich, daß sich die genannten Bildungen stärker entwickeln konnten als bei Pflanze Nr. 3.

Gegentüber normalen Pflanzen bestehen erhebliche Verschiedenheiten:

1. in der größeren Zahl der Internodien (und Blätter) der Hauptaxen;
2. in der reichlichen Verzweigung in der oberen Halmregion;
3. in der reichen Wurzelentwicklung aus den Knoten der ganzen Hauptaxe entlang;
4. in der enorm verlängerten Lebensdauer der Individuen. Dieselben existierten bereits etwa  $7\frac{1}{2}$  Monate und hätten bis zum Reifen gut noch etliche Wochen gebraucht, während diese Varietät normalen Falls in höchstens 5 Monaten ihren Entwicklungslauf vollendet.

### Die Ursachen der Abnormitäten.

Die äußere Ursache beruht ohne Zweifel in den Beleuchtungsverhältnissen, es sind auch die Abnormitäten gleichsinnig, nur gradweise abgestuft, bei allen 3 Individuen zur Entwicklung gekommen. Bezüglich des inneren Zusammenhangs zwischen den abnormen Vorgängen und den Beleuchtungsverhältnissen lassen sich nur Vermuthungen aufstellen. Es wären dabei folgende zwei Thatsachen in Erwägung zu ziehen:

1. der verspätete Uebergang des Vegetationspunktes der Hauptaxe in Blütenbildung, während dafür die Laubbildung fort dauerte;
2. die abnorme Neigung der Hauptaxe zur Bildung von Aussprossungen, an denen sich die nämliche Tendenz bemerkbar machte.

Die letztgenannte Erscheinung scheint insofern die Folge der erstereu zu sein, als die Pflanzen in Folge der Verspätung der Blütenentwicklung bis zu diesem Stadium über ungewöhnlich große Blattfläche verfügten, so daß die Assimilate nicht mehr von der Blütenbildung aufgebraucht wurden. Es blieben Stoffe genug übrig zur Ausbildung von Auszweigungen.

Den verspäteten Eintritt der Blütenbildung könnte man so auffassen, daß bei der in der ersten Zeit herrschenden schwachen Beleuchtung und beschleunigten Streckung der Halmglieder zu wenig Baustoffe übrig waren zur Ausbildung der Blütenstandsanlagen; diese wurde vielmehr erst möglich, als die Beleuchtung besser geworden war. Aber dieser Auslegung widerspricht, warum denn nicht, dem normalen Entwicklungslaufe entsprechend, nach Ausbildung einer normalen Blattzahl schließlich eine, wenn auch nur sehr schwache, Rispe oder eine solche mit fast lauter verkümmerten Aehren entstanden ist, wozu doch wohl das Baumaterial gegen Ausgang des Winters, wo die Blätter schon kräftiger wurden, genügt haben müßte. Bei im Laufe des Sommers 1890 angestellten Versuchen wurden Haferpflanzen bei schwacher Beleuchtung (im Hintergrunde eines Zimmers) gezogen, wo sie mit dem Habitus und der Schwächlichkeit von Schattenpflanzen sich entwickelten, aber sonst in normaler Weise mit einer allerdings recht ährchenarmen Rispe ihr Wachstum beschlossen. Die Beleuchtung mag etwas besser gewesen sein als in den Monaten November und Dezember. Die über Winter gezogenen Pflanzen verhielten sich so, als ob die während der ersten Wintermonate gebildeten Theile gar nicht vorhanden gewesen wären; auf diese setzte sich sozusagen als zweites Stockwerk erst die blühende Pflanze.

Man wird durch die beschriebenen Erscheinungen sehr erinnert an mehrfache Beobachtungen von *J. Sachs* über den Zusammenhang zwischen Beleuchtung und Blütenbildung<sup>1)</sup>. Bekanntlich erklärt sich *Sachs* diesen Zusammenhang durch die Annahme, unter der Einwirkung des Lichts würden gewisse Stoffe gebildet, welche bewirken, daß die den Vegetationspunkten zuströmenden organischen Baustoffe die Form von Blüten annehmen.

<sup>1)</sup> Arbeiten des botan. Instit. zu Würzburg. Bd. II. Heft 3 (Stoff u. Form der Pflanzenorgane § 2) u. a. a. O.



## Neue Litteratur.

**J. Böhm.** Ueber die Ursache der Wasserbewegung in transpirirenden Pflanzen. *Botan. Zentralblatt.* Bd. XLII. Nr. 8. S. 234. Nr. 9. S. 266.

Vergleiche diese Zeitschrift. Bd. XIII. S. 126.

Verf. faßt die Lehre über die Wasserbewegung in transpirirenden Pflanzen folgendermaßen zusammen.

Die direkt und indirekt verdunstenden safterfüllten Zellen ersetzen ihren Wasserverlust aus den Gefäßen durch einfache Saugung. Die Größe der Saugung dieser Zellen steigt mit dem elastischen Widerstande ihrer Wände. Die Wasseraufsaugung durch die Wurzeln und das Saftsteigen hingegen ist eine kapillare Funktion der Gefäße, als deren Fortsetzung bei Landpflanzen die kapillaren Räume des Bodens zu betrachten sind. In diesen Kapillaren bildet das Wasser kontinuierliche, in der Pflanze aber von Zellwänden durchquerte Fäden, deren Schwere durch die Reibung aufgehoben wird. In Folge der Reibung entstehen in den saftleitenden Elementen luftverdünnte oder nur mit Wasserdampf gefüllte Räume, in welche bei Verminderung der Reibung in den benachbarten Saftbahnen oder bei verminderter Transpiration Wasser nachgesaugt wird. Dadurch ist die Aenderung des Wassergehalts des Holzes und des Baumvolums bedingt. Das Saftsteigen erfolgt nur im äußersten Splint und daher bei intensiver Transpiration außerordentlich rasch. Bei Bäumen mit breitem saftführenden Splinte stellt sich nach der Ringelung des jüngsten Holzes an den Wundstellen eine nach innen einbiegende Nothbahn her; bei jenen Bäumen hingegen, deren Gefäße sich schon im zweiten Jahre mit Thyllen oder mit Gummi erfüllen, vertrocknen die Blätter nach der Ringelung ebenso schnell wie bei einem gleich großen Nachbarzweige, der ganz abgeschnitten wurde. — Endosmotische Saugung und Luftdruckdifferenzen sind, letztere wenigstens primär, bei der Wasserbewegung nicht betheiligt. C. K.

**Th. Bokorny.** Weitere Mittheilung über die wasserleitenden Gewebe. *Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Botanik.* Bd. XXI. H. 4. S. 505—519.

Ueber die erste Mittheilung des Verf. wurde bereits berichtet (diese Zeitschrift. Bd. XIII. S. 307). Die Veröffentlichung des Verf. hat lebhaft kritische Anfechtungen hervorgerufen<sup>1)</sup>.

Die weitere Mittheilung giebt die Versuchsergebnisse mit einer Wasserpflanze, *Myriophyllum proserpinacoides*. Es sollten folgende Fragen gelöst werden:

1. Wie rasch vermögen die einzelnen wasserleitenden Gewebe das Wasser zu leiten?

<sup>1)</sup> *Botan. Zeitung.* 1890. Nr. 26 u. 31. — *Botan. Zentralbl.* Bd. XLIII. Nr. 6/7. S. 188.

2. Durch welche Mittel wird das Wasserleitungsvermögen aufgehoben oder beeinträchtigt?

3. Steigt das Wasser in der Gefäßwand empor?

4. Welche Resultate ergeben sich bei Versuchen mit Farbstofflösungen und mit Ferrocyankalium?

Je nach den Anforderungen des Zweckes ließ man das eisenvitriolhaltige Wasser durch die Schnittfläche des abgeschnittenen Zweiges eintreten oder durch unverletzte Wurzeln aufnehmen.

Ad 1 wurde gefunden, daß in abgeschnittenen Stengeln die Lösung sehr rasch emporstieg, z. B., unter den Versuchsbedingungen, in  $\frac{1}{4}$  Stunde oft bis zu 20 cm. Als leitende Gewebe werden hauptsächlich die Gefäße und der äußere Theil des Bastes angegeben. In bewurzelten Stengeln zeigten sich dieselben Gewebe als leitend, außerdem oft noch Epidermis und Kollenchym.

Ad 2 wurden die Stengelenden in Schwefelsäure, Wasser von 95°, auch Natronlauge getaucht und nachher auf ihr Leitungsvermögen untersucht. Die genannten Mittel setzen im Allgemeinen das Leitungsvermögen herunter.

Ad 3 schließt Verf., daß die Gefäßwand die Wasserbahn sei, indem sich nur diese als Sitz des Eisens der aufgenommenen Lösung erwies.

Ad 4 gaben Fuchsin- und andere Farbstofflösungen qualitativ dieselben Resultate wie eisenhaltiges Wasser, nur werden die ersteren in verschiedenem Maße von den leitenden Geweben absorbiert. Sehr günstige Resultate gaben Ferrocyankaliumlösungen, indem diese Substanz außerordentlich langsam in die Höhe stieg.

C. K.

**E. und J. Verschaffelt.** Ueber die Transpiration der Pflanzen in kohlenäurefreier Luft. Onderzoekingen uit het botanisch laboratorium der hoogeschool te Gent. 1890. — Botan. Jaarboek uitgeg. door het Kruik-Kund. genootschap Dodonaea te Gent. II. 1890. p. 306—324. — Bot. Zentralblatt von O. Uhlworm. Bd. XLII. 1890. S. 373.

In den Untersuchungen über die Transpiration der Pflanzen von *Dehérain*, *Sorauer*, *Kohl* und *Jumelle* wurde die Frage nach dem Einfluß des Kohlensäuregehaltes der Luft auf die Wasserabgabe durch die Pflanze zuerst nach verschiedenen Methoden und mit verschiedenem Erfolge experimentell in Angriff genommen. Verf. unterwarf die Beweisführungen genannter Forscher einer kurzen Kritik und wenden sich besonders eingehend gegen die bekannten Versuche *Jumelle's*, indem sie auf Grund einer Reihe von Kontrollversuchen die Unbrauchbarkeit seiner Methode und die Haltlosigkeit seiner Folgerungen nachweisen. Wie vorauszu sehen war, wird durch das Kali unter der Glocke auch der Pflanze Wasser entzogen, und die beigelegten Schälchen mit Wasser vermögen keineswegs den Wasserdampfverlust der Glockenluft auszugleichen. Auch den Versuch *Jumelle's* mit *Lupinus* ohne Anwendung von Kali, der bei Kohlensäurevermehrung (5%) eine Herabsetzung der Transpiration ergab, verwerfen Verf. und damit auch die aus demselben gezogene Folgerung, die bei Verminderung der Assimilation frei gewordene Energie des Sonnenlichtes werde dazu benutzt, die Transpiration zu steigern und umgekehrt; sie glauben dies um so mehr thun zu müssen, als sie die Be-

hauptungen *Detlefsen's* für unbegründet und die Uebereinstimmung zwischen dessen experimentell ermittelten und theoretisch berechneten Zahlen für zufällig halten, wie sie ausführlich darlegen. Die Steigerung der Transpiration, welche durch die Umsetzung einer so kleinen Menge Arbeitskraft zu Wege gebracht werden könne, würde unmöglich zu bemerken sein, und es werde dadurch die Erklärung *Jumelle's* noch unwahrscheinlicher. Verff. sind daher der Meinung, daß die Abwesenheit der Kohlensäure in der Luft noch einen Einfluß anderer Art auf die Transpiration ausüben könne, besonders da *Kohl* zu Resultaten gelangt sei, welche denen der übrigen Forscher genau widersprechen.

Zu ihren eigenen Versuchen bedienten sich Verff. der von *Kohl* angewandten Methode und eines dem *Kohl'schen* ähnlichen Transpirationsapparates, nur insoweit abgeändert, als es die Bestimmung des transpirirten Wassers durch Wägung nöthig macht. In ganz richtiger Weise vermeiden es Verff., die Transpirationsgröße der Pflanzen durch Wägung zu ermitteln, da der letzteren Gewicht auch durch die während der Versuchszeit hinzugekommenen Assimilate verändert wird; es wird nur die Gewichtszunahme vorgelegter Chlorcalciumrohre bestimmt. Als Versuchspflanzen dienten junge Exemplare von *Citrus aurantium*, *Aucuba Japonica* und *Cinnamomum*. Die gewonnenen Zahlen, welche Verff. zur besseren Veranschaulichung zur Konstruktion dreier Kurventafeln verwendeten, zeigen, daß die Transpiration in kohlenstoffreicher Luft größer ist als in gewöhnlicher unter sonst gleichen Verhältnissen (Temperatur, Belichtung etc.). Auch bei Verdunkelung ergaben sich dieselben Ausschläge zu Gunsten der in kohlenstoffreicher Luft transpirirenden Pflanzen. Diese Thatsache und die relative Größe der Transpirationsunterschiede machen nach den Verff. die Annahme unmöglich, das Plus an Transpirationsenergie auf Rechnung der in Wärme umgesetzten ungebrauchten Assimilationsenergie zu setzen. *Jumelle* hat merkwürdigerweise im Dunkeln keine Transpirationsunterschiede bemerken können, was für seine Vorstellung des Antagonismus zwischen Assimilation und Transpiration sprechen würde. So interessant und die Frage fördernd die Versuche der Verff. sind, so können sie doch, wie am Schlusse der Abhandlung hervorgehoben wird, über die Art der Wirkung der Kohlensäure auf die Transpiration keinen Aufschluß geben.

*J. Wiesner.* Ueber das Saftperiderm. Oesterr. bot. Zeitschrift. 1890. S. 107—111. — Botan. Centralblatt von *O. Uhlworm*. Bd. XLIV. S. 87.

Gewöhnlich faßt man das Periderm als ein todttes, luftführendes Gewebe auf; häufig geht aber aus dem Phellogen ein saftführendes, lebendes Dauergewebe hervor, welches unter Umständen als Absorptionsgewebe dienen kann: ein Saftperiderm. In den meisten Fällen stellt das Saftperiderm ein Entwicklungsstadium des todtten Periderms dar und findet sich daher zwischen letzterem und dem Phellogen (so bei der Kartoffel); es kann aber auch bei unterirdischen Organen aus dem Phellogen nur allein Saftperiderm hervorgehen.

In den Membranen des Saftperiderms der Kartoffel, welches vom Verf. insbesondere untersucht wurde, ließ sich bereits Korksubstanz nachweisen; dieselben gaben jedoch meist ohne Vorbehandlung Zellulose — und oft auch Eiweißreaktion. Verf. hält daher die Wände (sowie die Zellen überhaupt) des Saftperiderms für

lebend und nimmt an, daß in denselben die Umwandlung der vorhandenen Stoffe in Suberin stattfindet. Die Anwesenheit von Eiweiß deutet auf das Vorhandensein von Protoplasma (Dermatoplasma) hin, unter dessen Einfluß sich die erwähnten Stoffwechselfprozesse vollziehen dürften. Die radialen Wände des Saftperiderms sind noch im Wachstum begriffen (was sich oft durch wellenförmige Krümmung äußert), was ebenfalls nach der Auffassung des Verf. nur bei Vorhandensein von Dermatoplasma möglich ist. (Vergl. hierüber *Wiesner's* grundlegende Arbeit: Ueber die Organisation der vegetabilischen Zellhaut. Sitzungsber. d. K. Akad. d. Wiss. in Wien. 1886.)

Eine nur mit Saftperiderm bedeckte Kartoffel giebt unter sonst gleichen Umständen viel mehr Wasser ab als eine mit todtm Periderm bedeckte; das Saftperiderm schützt also weniger vor Verdunstung. — In feuchter Erde scheint sich nur Saftperiderm zu bilden, bei Austrocknung des Bodens sterben die äußeren Lagen des Periderms sofort ab. Eine des todtm Periderms beraubte Kartoffel bildet in sehr trockener Luft schon nach wenigen Tagen eine neue Schicht desselben aus. Dagegen bleibt in absolut feuchtem Raume das Saftperiderm Wochen lang erhalten.

Die Wasseraufnahme von im Wasser liegenden Kartoffeln stieg auf das fünf- bis siebenfache, wenn das todtm Periderm entfernt wurde. Auch in feuchtem Boden nimmt eine vorher an der Luft gelegene (noch frische) Kartoffel viel mehr Wasser auf, wenn sie nur von Saftperiderm bedeckt ist.

Auch an oberirdischen Organen kommt Saftperiderm vor, dasselbe wird aber hier in der Regel schon sehr bald von abgestorbenem Periderm bedeckt; relativ lange (auch über den Winter) erhält sich das Saftperiderm beispielsweise an jungen Ahorn- und Lindenzweigen.

**U. Kreusler. Beobachtungen über die Assimilation und Athmung der Pflanzen.** IV. Mittheilung<sup>1)</sup>. Verhalten bei höheren Temperaturen; Kohlensäureausscheidung seitens getödteter Exemplare; Kohlensäureverbrauch, wenn Ober- und Unterseite der Blätter dem Licht zugewendet. Landw. Jahrbücher. Bd. XIX. 1890. S. 649—668.

Die wesentlichsten Ergebnisse vorliegender Arbeit faßt Verf., wie folgt zusammen:

1. Rücksichtlich der Fähigkeit, eine gegebene Lichtstärke für die Assimilation zu verwerthen, scheinen zwischen Ober- und Unterseite des Blattes spezifische Unterschiede zu walten, und zwar läßt sich vorweg vermuthen, daß je nach dem Charakter der Pflanze und nach dem Grad der Belichtung die Differenz sich bald zu Gunsten der einen, bald zu Gunsten der anderen Seite gestalte, demnach also unter Umständen auch gänzlich verschwinde.

2. Einstweilen konnte nur konstatiert werden, daß in Ansehung der verfügbaren Lichtquelle (elektrische Bogenlichtlampe von ca. 1000 Normalkerzen, wirkend im Abstand von 45 cm) Blätter verschiedener Pflanzen sich in obiger Beziehung verschieden verhielten: bei *Rubus* zeigten sich Ober- und Unterseite gleichwerthig,

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift. Bd. XI. 1888. S. 113.

bei Ricinus bedingte Exposition der oberen Seite des Blattes eine bemerkenswerth größere Leistung.

3. Die Beweiskraft dieser vorläufigen Befunde wird einigermaßen geschmälert durch den Umstand, daß die betreffenden Exemplare nicht mit der erwünschten Gleichmäßigkeit funktionirten. Als unerklärte, aber anscheinend gesetzmäßige Erscheinung ergab sich hierbei eine Steigerung der Assimilationsenergie im Verlauf der ersten Versuchstage.

4. Auch die Athmung zeigte unter sonst gleichen Verhältnissen oftmals eine Steigerung im Sinne späterer Versuchszeit, und hier gewinnt es sogar den Anschein, als ob ein mäßiger Grad von Schwächung der sonstigen Lebensfunktionen geradezu fördernd auf die Kohlensäureausgabe hinwirken möchte.

Das soweit Gesagte nimmt einstweilen Bezug auf eine Beobachtungstemperatur von 25° C. — Ueber die Grenzen der Wirkung bei höher gesteigerter Wärme ist Folgendes auszusagen:

5. Eine Temperatur von 40° C. bedingte für die geprüften Objekte in feucht erhaltener Luft noch keinerlei Schädigung der Pflanze. Die Assimilationsenergie zeigte sich gegenüber 25° bei Ricinus nicht vermindert, bei Prunus Laurocerasus sogar ganz erheblich vermehrt. Der wirklich produktive Effekt stellt sich, in Folge sehr gesteigerter Athmung, bei Ricinus bereits zu Ungunsten, bei Laurocerasus trotz des erwähnten Umstandes noch in erheblichem Maße zu Gunsten des höheren Wärmegrades.

6. Auch die Temperatur 45° bedeutet für einigermaßen lebenskräftige Objekte noch keinen Stillstand des Assimilirens. Bei frischen Exemplaren von Ricinus, Laurocerasus zeigte sich, wenn schon gegen vorhin naturgemäß stark verringert, die Wirkung noch ganz ausgeprägt produktiv, d. h. der Verbrauch an Kohlensäure überwog den sehr beträchtlichen Athmungsverlust. Unter Einverrechnung des letzteren stellt sich die gesammte assimilatorische Leistung noch fast auf die Hälfte (für P. Laurocerasus) beziehungsweise sogar zwei Drittel der optimalen. Bei durch Vorversuche schon etwas geschwächten Objekten fand Kohlensäureabsorption nicht mehr statt, und eine assimilirende Thätigkeit kam dann entweder gar nicht, oder doch nur in einem Minderbetrage der Athmung — Licht gegen Dunkel — zum Ausdruck.

7) Ein völliger Stillstand des Assimilirens trat in allen Fällen bei 50° ein; die letzte Grenze der Wirkung mußte demnach innerhalb des Intervalls 45° bis 50° aufgesucht werden.

8) Für die pflanzliche Athmung liegt die Grenze der Wirkung entschieden bemerkenswerth höher, als bezüglich des Assimilirens. Ein Maximum der Kohlensäureausgabe scheint im Allgemeinen nicht unterhalb 45° zu erfolgen, ja ließ sich für ungeschwächte Objekte erst bei 50° nachweisen. Bei derart auf die Dauer offenbar schädigenden Temperaturen hält aber die hohe Ausgiebigkeit des Athmungsprozesses begreiflich nur kurze Zeit an, die Menge der entwickelten Kohlensäure läßt nach, in dem Maße, als das Gewebe der Pflanze ersichtlich mehr und mehr abstirbt.

9. Mit Steigerung der Wärme auf 60° hörte die Kohlensäureentwicklung — gleichgültig ob die Pflanze in trockener oder sehr feuchter Luft sich befand —

plötzlich und nahezu vollkommen auf; die noch erübrigenden kleinen Beträge stehen mit dem Verhalten lebender Pflanzen außer jedem Vergleich.

10. Eine durch Gift, Sublimatlösung, getödtete Pflanze gab ebenfalls hinterher keine nennenswerthen Kohlensäurebeträge mehr aus. Die bei gewöhnlicher Temperatur minimalen, bei gesteigerter Wärme naturgemäß etwas größer befundenen Quantitäten dürften sich im einen wie in dem anderen Falle zwanglos durch einen rein chemischen Vorgang langsamen Oxydirens erklären und berechtigen nicht zu Rückschlüssen auf die lebende Pflanze.

11. Wie bereits *Johannsen*, *Detmer* und neuestens namentlich *Pfeffer* auf anderem Wege gezeigt haben, liegt demnach kein Grund vor, die Athmung der Pflanzen als eine spezifische Lebensfunktion zu negiren. Eine postmortale Athmung im Sinne von *Reinke* findet nicht statt, und die auf *Reinke's* Anlaß von *Brenstein* angestellten Versuche müssen in ihrem Ergebnis auf eine „unzureichende Tödtung“ der Pflanzen — beziehungsweise begleitender Organismen — zurückgeführt werden.

E. W.

**J. Wiesner.** Versuch einer Erklärung des Wachsthums der Pflanzenzelle. Berichte der deutschen botan. Ges. Bd. VIII. H. 7. S. 196—201.

1. Innerhalb des Organismus giebt es keinerlei Erzeugung lebender Substanz aus todtter Materie. Todte Substanzen werden allerdings in lebende Bestandtheile der Gewebe umgewandelt, aber nur bei Gegenwart und Mitwirkung des Lebenden.

2. Im Organismus findet kein anderer Modus der Neubildung statt als der der Theilung. Nach allen Erfahrungen ist die Theilung mit dem Werden aller Lebewesen so verknüpft, daß man mit Recht annehmen kann, sie spiele auch dort eine Rolle, wo wir mit unseren beschränkten Mitteln ihre Wirksamkeit noch nicht erweisen können.

3. Hieraus ergibt sich, daß das (schon sichtlich komplex gebaute) Protoplasma sich ohne innere Theilung nicht regeneriren könne. Wenn sich also eine Meristemzelle mehrmals getheilt hat, unter Vermehrung ihrer lebenden Substanz, so ist diese Neubildung auf Grund innerer Theilung erfolgt.

4. Die lebende Substanz der Pflanze besteht aus kleinen, organisirten Individualitäten (Plasomen), welche die Eigenschaft haben, sich zu theilen, also auch zu wachsen (und zu assimiliren). Das Wachsthum der Zelle erfolgt ebenso durch das Wachsthum ihrer Plasomen, wie ein vielzelliges Organ in Folge der organischen Volumvergrößerung seiner Zellen wächst.

5. Die Plasomen sind wie das Protoplasma selbst weiche, plastische Massen mit leichter Verschiebbarkeit der Theilchen. Auf dem Wege der Diffusion und Absorption treten Wasser und gelöste Stoffe in die Plasomen ein und werden dasselbst assimilirt, letztere dadurch zur Volumzunahme gebracht. Das Plasom ergänzt bloß durch das Wachsthum seine Masse, das Protoplasma wächst durch Neubildung von wachsenden Plasomen. Auf ihrer Theilungsfähigkeit beruhen schließlich alle Theilungsvorgänge der Zelle; wenn sich z. B. das Protoplasma oder ein Chlorophyllkorn theilt, so ist es eine Schicht von Plasomen, in welchen die Theilung sich vollzieht.

Wenn aber auch das Wachsthum der Zellen auf dem Wachsthum seiner Plasomen beruht, so ist doch nicht ausgeschlossen, daß auch Dehnungen bei der Volumvergrößerung der Zellen theilhaftig sind. C. K.

**J. Wiesner.** Studien, betreffend die Elementargebilde der Pflanzenzelle. K. Akad. d. Wissensch. in Wien. Sitzung d. math.-naturw. Kl. v. 6. Juni 1890. Akad. Anzeiger. Nr. XIII.

1. *Brücke* hat bekanntlich in dem bis dahin als formlos angesehenen Protoplasma eine für Lebenszwecke bestimmte Organisation erkannt und die Möglichkeit eingeräumt, daß die Zelle aus einfacheren Elementargebilden zusammengesetzt sei. Die von *Brücke* theoretisch erschlossene Organisation des Protoplasma wurde später durch die Beobachtung erhärtet. Inwieweit besondere Elementargebilde als der Zelle untergeordnete Formelemente im pflanzlichen Organismus anzunehmen, beziehungsweise nachzuweisen sind: hiefür mögen die nachfolgenden Sätze einen kleinen Beitrag liefern.

2. Die sogenannten Inhaltskörper der Pflanzenzellen (Chlorophyllkörner etc.), welche gleich der Zelle assimiliren, wachsen und sich durch Theilung vermehren, lehren eindringlich, daß die Zellen nicht die letzten Formelemente der Pflanzen bilden können. Da auch fortwährend neue lebende Individualitäten der Zelle entdeckt werden (jüngsthin wieder durch *A. Zimmermann* die „Granula“ der Assimilationszellen, die aber zumeist frühere Entwicklungsstufen oder neue Vorkommnisse schon bekannter Inhaltskörper repräsentiren), und da in den meisten Zellen Gebilde nachweislich sind, welche mit der Zellhaut oder mit den organisirten Zelleinschlüssen in genetischem Zusammenhange stehen, so wird man zur Annahme geleitet, daß die Zelle reichlich einfachere lebende Gebilde umschließt und vielleicht aus einer organischen Vereinigung solcher Gebilde besteht.

3. Daß das Protoplasma aus derartigen Elementargebildern zusammengesetzt sei, läßt sich mit großer Wahrscheinlichkeit auch aus allgemeinen Gesichtspunkten ableiten. Da erfahrungsgemäß alles Organisirte aus Organisirtem entsteht, da ferner das Protoplasma organisirt ist und dasselbe mit allen seinen geformten Einschlüssen (Kern, Chlorophyllkorn, Chlorophyllkornanlagen etc.), sich nur durch Theilung regenerirt, so kann man sich — will man nicht eine spontane Erzeugung lebender Gebilde aus todtter Substanz annehmen — keine andere Vorstellung über die zur Zellbildung erforderliche Vermehrung der Protoplasmasubstanz bilden, als die, daß kleine organisirte Individualitäten im Protoplasma vorhanden sind, die sich einzeln theilen, oder (nach Analogie des Kerns oder der Chlorophyllkörner) Gruppen bilden, die der Theilung unterliegen. Dieser Auffassung zu Folge würde das Wachsthum der Zelle, dem Wachsthum eines Organes vergleichbar, durch innere Theilung sich vollziehen. Da diese „Theilchen“ plastischer Natur sind, so braucht man zur Erklärung des Zellwachsthums die Intussusception nicht heranzuziehen.

4. Wenn also eine spontane Erzeugung organisirter Substanz aus todtter Materie nicht existirt — und die fortschreitende Wissenschaft hat alle Angaben über eine solche Art des Entstehens innerhalb des Organismus widerlegt — so muß das Protoplasma aus Körperchen bestehen, die sich theilen und deshalb auch

wachsen und assimiliren. Zur thatsächlichen Begründung der Existenz dieser lebenden Elemente des Protoplasmas — ich nannte sie früher Plasmatosomen, ich will sie jetzt der Kürze halber als Plasomen bezeichnen — ziehe ich Erfahrungen heran, die sich theils auf die Entstehung der organisirten Inhaltskörper, theils auf die der Zellhaut beziehen.

Die Chlorophyllkörner entstehen in der Regel aus kleinen protoplasmatischen Anlagen (*A. F. W. Schimper*); desgleichen die Stärkekörner (*Schimper, Arth. Meyer* u. A.) die Vakuolen (*H. de Vries, Went*) die Gerbstoff-Krystall-Oelbläschen und andere analoge Zelleinschlüsse. Alle diese „Anlagen“ — man hat sie mit den verschiedensten Namen belegt — betrachte ich, soferne sie uns als einfach erscheinende, theilungsfähige Protoplasmaegebilde entgegenreten, als Plasomen; sie können aber auch Gruppen von Plasomen sein. Zu den Plasomen rechne ich auch jene Protoplasmakörperchen, aus denen die Dermatosomen der Zellhaut hervorgehen.

5. Wie verschiedenartig alle diese Gebilde auch sein mögen, so unterscheiden sie sich von einander doch nicht mehr, als die Zellen eines Gewebes. Wie die Zellen dem Gewebe untergeordnet sind, so bilden die Plasomen der Zelle untergeordnete Elementargebilde. Es verhält sich das Plasom zur Zelle, wie die Zelle zum Gewebe. Das Gesetz von der Einheit im inneren Bau der Pflanze wird durch die Aufstellung des Begriffs Plasom nicht alterirt; nur muß das Plasom statt der Zelle als einfachstes Glied der Organisation angesehen werden.

6. Die Plasomen scheinen auch die Fähigkeit zu haben, wie gewisse Zellen unter einander zu höheren Einheiten zu verschmelzen oder wie gewisse Zellen zu Fibrillen sich zu verlängern. Wie in einem noch lebenden Gewebe Zellen durch Auflösung verschwinden, so können in den lebenden Theilen der Zelle auch Plasomen durch Auflösung eliminirt werden.

7. Vor allem die ererbten Eigenschaften der Zelle, aber auch Ernährungs- und äußere Verhältnisse bedingen die Qualität der aus den Plasomen hervorgehenden Produkte.

Auf niederster Stufe (bei den niedersten Schizophyten) bilden die Plasomen keinerlei erkennbare Produkte aus. Bei niederen Pilzen (z. B. bei der Hefe) entstehen aus den Plasomen im Inhalte der Zellen bloß Vakuolen und rudimentäre Kerne, und die Plasomen, welche die Zellhaut konstituiren, sind so klein, daß sie nicht einmal in der herangewachsenen Form — als Dermatosomen — erkennbar werden. Von den Algen aufwärts erscheinen als Produkte der Plasomen schon die verschiedenartigsten Inhaltskörper. Aber selbst bei den höchsten Pflanzen kommt es vor, daß sämtliche Plasomen gewisser Zellen schließlich nur zur Hautbildung herangezogen werden, so z. B. bei den von mir gefundenen soliden Bastzellen (von *Spania* u. s. w.), aber auch bei anderen Bastzellen, bei Tracheiden, Gefäßen u. s. w.

8. Die Funktion der Plasomen ist selbstverständlich eine mannigfaltige und auf die Hervorbringung der Haut und der Inhaltskörper nicht beschränkt. Daß ihre außerordentliche Kleinheit und die davon abhängige relativ große Oberfläche den Stoffwechsel der Zelle ungemein beschleunigen muß, ist selbstverständlich.

9. Nach Analogie aller der Beobachtung zugänglichen organischen Bildungen ist anzunehmen, daß die Plasomen ein zusammenhängendes Ganze bilden,



welches wahrscheinlich ein nest- oder gerüstartiges Gefüge besitzt. Die freien Lücken müssen von Flüssigkeit erfüllt sein, wie das Verhalten der Protoplasmen gegen unter Druck stehende Gase lehrt.

10. Ob die hier als Plasomen aufgefaßten Glieder der Zelle die wahren, also die letzten Formelemente der Zelle bilden, bleibt einstweilen unentschieden. Wären sie es thatsächlich, so müßte eine Kategorie derselben als Träger der erblichen Eigenschaften (als Pangene im Sinne von *de Vries*) thätig sein. Wären die Pangene aber Bestandtheile unserer Plasomen, dann müßte diesen selbst wieder ein komplexer organischer Bau zugesprochen werden, und wir wären noch weit davon entfernt, die wahren Elementarorgane der Zellen direkt zur Anschauung bringen zu können.

**F. Goppelsröder.** Ueber Kapillar-Analyse und ihre verschiedenen Anordnungen, sowie über das Emporsteigen der Farbstoffe in den Pflanzen. Mitth. d. Sekt. f. chem. Gewerbe d. k. k. technol. Gewerbe-Museums. 1890.

**W. Pfeffer.** Zur Kenntniß der Plasmahaut und der Vakuolen nebst Bemerkungen über den Aggregatzustand des Protoplasmas und über osmotische Vorgänge. Abh. d. math.-phys. Kl. d. k. Sächs. Ges. d. Wissensch. Bd. XVI. Nr. 2. S. 187—343.

**W. Pfeffer.** Ueber Aufnahme und Ausgabe ungelöster Körper. Abh. d. math.-phys. Kl. d. k. Sächs. Ges. d. Wissensch. Bd. XVI. Nr. 2. S. 149—183.

**H. de Vries.** Ueber normale Entstehung sekundärer Gewebe. *Pringsheim's* Jahrb. f. wissensch. Bot. Bd. XXII. S. 35—72.

**A. Seignette.** Recherches sur les tubercules. Revue générale de Bot. 1889. — Bot. Zentralblatt von *O. Uhlworm*. XLI. Nr. 2. S. 45.

**G. Krabbe.** Untersuchungen über das Diastaseferment unter spezieller Berücksichtigung seiner Wirkung auf Stärkeköerner innerhalb der Pflanze, *Pringsheim's* Jahrb. f. wissensch. Botanik. Bd. XXI. S. 520—608.

**J. Wortmann.** Ueber den Nachweis, das Vorkommen und die Bedeutung des diastatischen Enzyms in den Pflanzen. Bot. Zeitung. 1890. Nr. 37—41.

**A. Fischer.** Beiträge zur Physiologie der Holzgewächse. *Pringsheim's* Jahrb. f. wissensch. Bot. Bd. XXII. S. 73—160.

**L. Kny.** Ueber eine Abnormität in der Abgrenzung der Jahresringe. Sitzungsber. d. Ges. naturf. Freunde zu Berlin. 1890. Nr. 7.

**S. Schwendener.** Die Mestomschelden der Gramineenblätter. Sitzungsbericht d. k. preuß. Akad. d. Wiss. 1890. XXII.

**E. Wollny.** Der Einfluß äußerer Faktoren auf die Düngerwirkung. Der Landwirth. 1890. Nr. 76. S. 463.

### III. Agrar-Meteorologie.

*Aus dem agrikulturchemischen und bodenkundlichen Laboratorium der  
Universität München.*

#### III. Hygienische Bedeutung der Waldluft und des Waldbodens <sup>1)</sup>.

Von Professor Dr. E. Ebermayer in München.

Soviel auch schon über die sanitäre Bedeutung des Waldes, bezw. über den Einfluß desselben auf die Gesundheitsverhältnisse der Menschen geschrieben und gesprochen worden ist, so herrschen doch über diese Frage noch große Meinungsverschiedenheiten und Irrthümer. In unserer Zeit, wo so viel für die Erhaltung der Gesundheit der Menschen geschieht, ist es gewiß auch Aufgabe der Wissenschaft, auf Grund exakter Untersuchungen zur Klärung der vorliegenden Frage so viel als möglich beizutragen.

Jedermann giebt zu, daß ein längerer oder dauernder Aufenthalt auf dem Lande, im Gebirge, am Meere oder in der Nähe größerer Waldungen der Gesundheit zuträglicher ist, als der Aufenthalt in der unreinen, rauchigen, staub- und bakterienreichen Luft stark bevölkerter Städte. Klimatische Luftkurorte auf Bergen, am Meere, an Seen, in waldreichen Gegenden werden deshalb heut zu Tage von Rekonvaleszenten und Kranken verschiedenster Art noch mehr aufgesucht als früher. Abgesehen von dem allgemeinen gesundheitlichen Nutzen, den diese Kurorte gewähren, übt der Wald unter bestimmten Umständen erfahrungsgemäß auch ge-

<sup>1)</sup> Ein kleiner Auszug dieser Publikation wurde vom Verfasser zu einem Vortrag in der I. Plenarversammlung des internationalen land- und forstwirtschaftlichen Kongresses am 2. Sept. 1890 benutzt.

wisse spezifische Wirkungen aus. So hat man z. B. schon oft beobachtet, daß die Salubrität sumpfiger und morastreicher Gegenden durch Anlegung gut gepflegter und normaler Waldungen wesentlich verbessert wurde; ebenso hat man sowohl in Indien als in Europa wiederholt die Erfahrung gemacht, daß große Wälder hier und da ein Schutzmittel gegen die Ausbreitung der Cholera bildeten, und daß Waldorte von dieser verheerenden Epidemie häufiger verschont blieben als andere. Es sind sogar Beispiele bekannt, daß nach dem Abholzen der Bäume die Cholera an Orten erschienen ist, die vorher davon frei gewesen waren. Aehnliche Erfahrungen hat man in Amerika bezüglich des Gelbfiebers gemacht.

Der Wald ist demnach ein hygienischer Faktor, dessen Bedeutung zwar nicht überschätzt, aber auch unter gewissen Umständen nicht zu gering angeschlagen werden darf. Von jeher haben aus diesem Grunde viele Aerzte ihre Stimme für Erhaltung des schützenden Waldes erhoben.

Ueber die Ursache seines heilsamen Einflusses auf den menschlichen Organismus wurden schon die verschiedensten Ansichten und Muthmaßungen ausgesprochen. Die Einen suchen das Wirksame vorzugsweise in dem Schutze, den die Bäume gegen die Sonnenhitze gewähren, Andere schreiben dem Walde einen chemischen, reinigenden Einfluß auf die Luft zu, wieder andere legen das Schwergewicht auf einen erhöhten Sauerstoff- und Ozongehalt der Waldluft oder vertreten die Ansicht, daß der Wald durch Abhaltung schädlicher Winde wirke; daß er die Luft mittelst der zahlreichen Blätter mechanisch reinige und ähnlich wie ein Filtrum Staub und vorhandene Krankheitserreger (Spaltpilze) zurückhalte; wieder Andere suchen die Ursache seiner spezifischen Wirkung in dem Einfluß, welchen die Bäume in Folge ihrer Transpiration auf die Bodenfeuchtigkeit und auf den Grundwasserstand ausüben. Diese vielen Meinungsverschiedenheiten erklären sich daraus, daß es bis jetzt gänzlich an darauf bezüglichen exakten Untersuchungen fehlte, die allein das erforderliche Material zur wissenschaftlichen Begründung der sanitären Bedeutung des Waldes liefern können. Die vielen umfangreichen Forschungen, welche der Verfasser dieses Artikels in den letzten Dezennien über die Beschaffenheit der Waldluft und über die charakteristischen Merkmale und Eigenthümlichkeiten des Waldbodens gemacht hat, dürften diese Lücke zum größten Theile ausfüllen und geeignet sein, für die vor-

liegende Frage eine sichere Grundlage zu schaffen, auf welcher in Zukunft weitergebaut werden kann.

Zu Folge dieser Untersuchungen kann es keinem Zweifel unterliegen, daß die sanitären Wirkungen des Waldes theils auf die Beschaffenheit der Waldluft, theils auf gewisse charakteristische Eigenschaften des Waldbodens sich zurückführen lassen.

### 1. Hygienische Bedeutung der Waldluft.

Die wohlthätige und stärkende Wirkung der Waldluft hat man bisher ihrem balsamischen, aromatischen Dufte, vorzugsweise aber ihrem vermeintlich größeren Sauerstoff — und geringeren Kohlensäuregehalte zugeschrieben. Man glaubte allgemein, innerhalb der Krone der Waldbäume streiche besonders an sonnigen Tagen eine Luft, welche reicher an Sauerstoff und ärmer an Kohlensäure sei, als die Luft waldfreier Gebiete. Ertheilt ja selbst der verstorbene Professor Dr. *Bock* zu Leipzig in seiner bekannten, weitverbreiteten „Volks-Gesundheitslehre“ der leidenden Menschheit den Rath, „besonders oft frische, sonnige Waldluft einzuathmen, die am gesundesten sei, weil die grünen Pflanzentheile beim Sonnenschein Kohlensäure aufnehmen und Sauerstoff ausathmen“.

Es ist eine feststehende Thatsache, daß die grüne Pflanzenwelt im Haushalte der Natur für die Existenz und Erhaltung der Menschen und Thiere in doppelter Weise zu sorgen hat. Für's Erste kommt unter allen Organismen den Pflanzen allein die Fähigkeit zu, in den chlorophyllhaltigen grünen Zellen der Blätter aus gewissen unorganischen Stoffen des Bodens und der Luft unter Mitwirkung des Sonnenlichtes sämtliche organischen Stoffe zu erzeugen, welche von allen anderen (chlorophyllfreien) lebenden Wesen als Nahrungsstoffe verwendet werden. Mit diesem Prozesse der Stoffbildung (Assimilation) ist in den Blättern ein anderer chemischer Vorgang auf's Innigste verknüpft, welcher in nicht minderem Grade als jener zur Erhaltung der Menschen und Thiere nothwendig ist und darin besteht, daß im Sonnen- oder zerstreuten Tageslichte ein bestimmtes Quantum Kohlensäure aus der atmosphärischen Luft aufgenommen und dafür ein nahezu gleiches Volumen Sauerstoff abgegeben wird. Könnten wir mit unserem Auge die in der Luft vertheilten Kohlensäuremoleküle wahrnehmen, so würden wir sehen, wie dieselben vom Aufgang bis zum Untergang der Sonne in der Umgebung

jedes beleuchteten grünen Blattes von allen Seiten auf dasselbe zustürzen und durch die Millionen von Spaltöffnungen, welche die Epidermis der Blätter durchbrechen, in die grünen Zellen eindringen, dort durch die Kraft des Lichtes zersetzt werden und ein gleiches Volumen Sauerstoff abgeben, das durch die Spaltöffnungen austritt und in die atmosphärische Luft übergeht. Es ist dies der einzige in der Natur stattfindende Vorgang, wodurch die Atmosphäre stets wieder Ersatz erhält für jene kolossale Menge von Sauerstoff, die ihr durch die Athmung der Menschen und Thiere, durch die Verbrennung der Leucht- und Brennmaterialien, durch die Verwesung und Fäulniß abgestorbener Pflanzen- und Thiertheile und durch andere zahlreiche Oxydationsvorgänge beständig entzogen wird. In Folge dieser Thätigkeit der Blätter können wir die gesammte grüne Pflanzenwelt und insbesondere den Wald als eine große Kohlenstoff- und Sauerstofffabrik betrachten, welcher in der Natur die große Aufgabe zugewiesen ist, die von der Erde aus der atmosphärischen Luft stetig zugeführte — in größerer Menge schädlich wirkende — überschüssige Kohlensäure aufzunehmen, den Kohlenstoff derselben mit den Bestandtheilen des Wassers zur Bildung neuer organischer Stoffe — Zucker und Stärkemehl — zu verwenden und dafür der Atmosphäre neue Lebensluft (Sauerstoff) zuzuführen. Diesem großartigen chemischen Reinigungsprozesse der Luft durch die Pflanzen haben wir es einzig und allein zu danken, daß das Gleichgewicht des Sauerstoffs und der Kohlensäure in der Luft sich im Laufe der Zeit nicht wesentlich ändert und daß die Atmosphäre die für den Athmungsprozeß erforderliche normale Zusammensetzung dauernd beibehält. Je lebhafter das Wachstum und die Produktionsfähigkeit der Pflanzen sich gestaltet, d. h. je größer die tägliche Arbeitsleistung der Blätter ist, und je mehr Pflanzen den Boden bedecken, um so mehr Kohlensäure wird am Tage der Luft entzogen. desto mehr Sauerstoff wird in Folge des Assimilationsprozesses ausgeathmet, und um so größer ist die reinigende Kraft der Pflanzen.

Im Walde finden aber noch verschiedene andere Vorgänge statt, welche auf die Zusammensetzung der Luft Einfluß haben. So ist z. B. erwiesen, daß alle Pflanzen von der Keimung der Samen an bis zu ihrem Tode athmen, d. h. sowohl am Tage wie bei der Nacht ein bestimmtes Quantum Sauerstoff aus der Luft aufnehmen, einen Theil der produzierten Kohlenhydrate verbrennen und ein gleiches Volumen Kohlensäure aus-

athmen — ein Prozeß, der auf die Zusammensetzung der Luft eine entgegengesetzte Wirkung ausübt als die oben erwähnte Assimilation, an Energie aber von letzterem Lebensprozesse weit übertroffen wird. Keine Knospe könnte aufbrechen, kein Blatt sich ausbilden, kein Zweig, keine Wurzel sich strecken, keine Frucht könnte reifen, keine Zelle wachsen, wenn nicht durch die Athmung die hierzu erforderlichen Betriebskräfte geliefert würden. Da am Tage unter Einwirkung des Lichtes die Kohlensäurezersetzung und Sauerstoffabgabe (Assimilation) bei weitem überwiegend ist, so sollte Tags über die Luft innerhalb der Baumkrone sauerstoffreicher und kohlenensäurereicher, Nachts dagegen sauerstoffärmer und kohlenensäurereicher sein als die Luft außerhalb des Waldes. Die zwischen dem Boden und den Baumkronen befindliche Waldluft verliert namentlich in wärmerer Jahreszeit durch die Verwesung der feuchten Laub- und Humusdecke unausgesetzt Sauerstoff und erhält dafür ein gleiches Volumen Kohlensäure zugeführt; sie sollte sich deshalb durch geringeren Sauerstoff- und größeren Kohlensäuregehalt von der Luft innerhalb der Baumkronen unterscheiden.

Eine wesentliche Veränderung erleidet die Waldluft endlich noch durch die Transpiration der zahllosen Baumblätter, wodurch sie ständig große Mengen unsichtbaren Wasserdampfes zugeführt erhält. Eine einzige kräftige Buche giebt nach *v. Höhnel's* Beobachtungen täglich etwa 60 Liter Wasser ab; ein 115jähriger Buchenbestand scheidet pro Hektar während der Vegetationszeit täglich beiläufig 26 000 Liter Wasser dampfförmig aus. Wäre der Wasserdampf sichtbar, so würde über jedem Walde eine mächtige Rauchsäule sich erheben.

Alle diese charakteristischen Eigenthümlichkeiten der Waldluft ließen sich durch chemische Untersuchung leicht nachweisen, wenn sie ohne alle Bewegung wäre und mit der äußeren Atmosphäre nicht in Verbindung stände. Aber wenn auch im Walde scheinbar vollkommene Windstille herrscht, so ist die Luft schon in Folge der Diffusionsgesetze in beständigem langsamen Ortswechsel begriffen und bewegt sich noch mit einer Geschwindigkeit von nahezu 0,5 m in der Sekunde; bei einem fühlbaren leisen Winde beträgt ihre Geschwindigkeit schon etwa 1—2 m in der Sekunde. Die Diffusionsbewegungen finden um so schneller statt, je größer die Temperaturunterschiede der benachbarten Luftschichten im Walde sind und je größere Wärmedifferenzen zwischen der Waldluft und

Freilandluft bestehen. Sehr beschleunigt wird der Austausch der Luftmassen, wenn Winde die Baumkronen und den Wald durchfegen, was um so leichter geschieht, je lichter und lückiger der Waldbestand ist. Aber selbst in dichten und gut geschlossenen Beständen vermischt sich die Waldluft mit der äußeren Atmosphäre so rasch, daß es dem Verf. trotz vieler vergleichender Untersuchungen nicht möglich war, wesentliche chemische Unterschiede zwischen Waldluft und Freilandluft zu konstatiren. Mitten in der großen „Sauerstofffabrik“, als welche wir den Wald ansehen müssen, wird demnach dem Menschen nicht mehr Sauerstoff und nicht weniger Kohlensäure zur Athmung geboten als auf ausgedehnten waldlosen Gebieten. Weder die Assimilations- noch die Athmungs- und Transpirationsvorgänge in den Blättern vermögen unter natürlichen Verhältnissen den Sauerstoff-, Kohlensäure- und absoluten Wassergehalt der Luft nennenswerth zu verändern<sup>1)</sup>. Diese Thatsache ist leicht begreiflich, wenn man berücksichtigt, daß selbst die Luft in den Straßen großer Städte in Folge der starken Ventilation nur unbedeutend kohlenstoffreicher ist als die Landluft, trotzdem erstere durch die vielen athmenden Menschen und Thiere, durch den Rauch der zahllosen Schornsteine und durch die großen Massen verwesender und faulender Abfallstoffe täglich eine kolossale Menge von Kohlensäure zugeführt erhält<sup>2)</sup>.

Die meisten Menschen machen sich eine übertriebene Vorstellung von der Sauerstoffproduktion der Wälder. Mit Zugrundelegung der jähr-

<sup>1)</sup> Vergl. die bezüglichen Untersuchungen des Verfassers in der Broschüre: „Die Beschaffenheit der Waldluft“. Stuttgart. Ferd. Enke. 1885; außerdem in den „Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik“ IX. Bd. 3. Heft, endlich in dem Werke: „Physikalische Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden“. Aschaffenburg. 1873.

<sup>2)</sup> Der normale Kohlensäuregehalt der atmosphärischen Luft beträgt durchschnittlich 0,3 pro 1000 Volumtheile. In geschlossenen Räumen, in Felshöhlen, verlassenen Brunnenschächten, in den Gähräumen der Wein- und Bierkeller, in bewohnten Zimmern sammelt sich oft so viel Kohlensäure an, daß die eingathmete Luft mehr oder weniger gesundheitsschädlich wirkt. In Schul- und Wohnzimmern ist die Luft schon als schlecht und verdorben zu bezeichnen, wenn der Kohlensäuregehalt derselben mehr als 1 oder 2 pro Mille beträgt; steigt derselbe auf 5—7 pro Mille und darüber, so wirkt die Luft bei längerem Aufenthalte schon entschieden gesundheitsschädlich. Bei einem Kohlensäuregehalt von 3—4‰ (den die ausgeathmete Luft besitzt) beginnen die Lichter trüb zu brennen, es treten Athmungsbeschwerden und Schwindel ein, und ein noch größerer Kohlensäuregehalt hat ein Erlöschen der Lichter und den Erstickungstod zur Folge.

lichen Durchschnittserträge von Holz und Blättern habe ich in meiner „Physiologischen Chemie der Pflanzen“ (S. 52) berechnet, daß der Wald pro Hektar in den organischen Stoffen des Holzes und der Blätter bei mittleren Erträgen in runder Zahl ca. 3000 kg Kohlenstoff ablagert (1600 kg im Holz und 1400 kg in den Blättern). Um diese Kohlenstoffmenge sich aneignen zu können, muß derselbe während der Vegetationszeit (in 5 Monaten = 150 Tagen) pro Hektar 11 000 kg = 5596 cbm Kohlensäure, mithin an jedem Tage 37,13 cbm aus der atmosphärischen Luft aufnehmen und zersetzen. Dafür giebt er täglich ein nahezu gleiches Volumen Sauerstoff an die Atmosphäre ab. Was bedeuten aber diese 37 cbm gegenüber der gesammten Luftmenge eines Waldes, der eine Ausdehnung von einem Hektar besitzt und nur 20 m hoch ist! Ein solcher Wald enthält allein schon gegen 200 000 cbm Luft, die noch dazu von der äußeren Luft nicht abgeschlossen ist, sondern durch Diffusion und Winde immer wieder erneuert wird.

In der bereits erwähnten Broschüre über „Die Beschaffenheit der Waldluft“ habe ich nachgewiesen, daß ein erwachsener Mensch durch Athmung in einem Jahre schon so viel Sauerstoff konsumirt, als eine bewaldete Fläche von 3 Ar produziert, und daß die ausgeathmete Kohlensäure eines Menschen vollständig ausreicht, um dem betreffenden Walde bei mittlerem Ertrage den zur jährlichen Holz- und Blattbildung notwendigen Kohlenstoff zu liefern<sup>1)</sup>. Da in unserem Klima jeder Mensch jährlich auch ein bestimmtes Quantum Holz oder Kohle zum Heizen und Kochen bedarf und bei der Verbrennung desselben ebenfalls Sauerstoff verbraucht und Kohlensäure produziert wird<sup>2)</sup>, so ergibt sich durch einfache Berechnung, daß schon eine Haushaltung von 4 Personen durch

<sup>1)</sup> Eine erwachsene Person athmet täglich gegen 9000 l Luft ein, worin 1800 l Sauerstoff enthalten sind und wovon die Lungen kaum den vierten Theil (gegen 450 l) verbrauchen. Während die eingeathmete Luft in 100 Volumtheilen 21 Vol. Sauerstoff, 79 Vol. Stickstoff und 0,03 Vol. Kohlensäure enthält, sind in der ausgeathmeten Luft durchschnittlich enthalten: 16,03 Sauerstoff, 79,0 Stickstoff und 4,38 Volumtheile Kohlensäure. Letztere nimmt demnach durch das Athmen um mehr als das Hundertfache des Volumens zu, der Sauerstoff vermindert sich um etwa den vierten Theil, während der Stickstoff keine Veränderung erleidet.

<sup>2)</sup> Durch Verbrennen eines Festmeters lufttrockenen Buchenholzes werden ca. 585 cbm, eines Festmeters Fichtenholzes ca. 376 cbm, eines Centners Steinkohle etwa 76 cbm Kohlensäure erzeugt.



Athmen, Kochen und Heizen der Luft jährlich so viel Kohlenst ure zuführt, als 1 ha Wald zur Jahresproduktion bedarf, daf ur aber auch sämmtlichen Sauerstoff verbraucht, welchen dieser Wald in gleicher Zeit an die Luft abgiebt.

Die durch 1 ha Wald bewirkte Verbesserung der Luft wird somit schon durch eine Haushaltung von 4 Personen wieder vollständig ausgeglichen. Dieses Ergebnis stimmt auch mit *C. v. Naegeli's* Berechnung über ein, wodurch nachgewiesen wurde, daß, wenn in der Nähe der „Eschenallee“ — eines ca.  $\frac{1}{3}$  ha großen, mit Eschen bepflanzten Platzes — in München ein früher unbewohntes Zimmer von einem Herrn bezogen wird, in einem Jahre mehr als doppelt soviel Sauerstoff verloren geht, als die ganze Eschenallee pro Jahr erzeugt<sup>1)</sup>.

Aber nicht nur der Mensch, sondern auch jedes Thier, jeder Vogel im Walde wirkt der Luftverbesserung (Sauerstoffvermehrung und Kohlenst ureverminderung) entgegen. Eine Heerde von 100 weidenden Schafen verbraucht durch Athmung täglich weit mehr Sauerstoff und giebt viel mehr Kohlenst ure ab, als 1 ha Wald in gleicher Zeit an Sauerstoff produziert und an Kohlenst ure verbraucht. Die Verschlechterung der Luft durch eine gr o ere Schafheerde ist demnach viel bedeutender als die Verbesserung derselben durch 1 ha Wald.

Nach dem Gesagten können weder kleine Waldungen, noch mit Bäumen und Sträuchern bewachsene Plätze, Gärten und Wiesen im Innern großer bev lkerter Städte irgend eine Bedeutung für die chemische Verbesserung der Luft haben, obgleich sie sonst große Annehmlichkeiten gewähren und, wie weiter unten nachgewiesen wird, zur sanitären Verbesserung des Bodens viel beitragen.

Zu Folge dieser Untersuchungen ist es ein großer Irrthum, zu glauben, die Waldluft wirke in Folge ihres gr o eren Sauerstoffgehaltes besonders günstig auf die Gesundheit ein. Man hat ihre hygienische Bedeutung in anderen charakteristischen Eigenschaften derselben zu suchen. Ebenso wie die Seeluft und Gebirgsluft zeichnet sich auch die Waldluft durch große Reinheit aus. Sie ist frei von schädlichen Gasen und Dünsten, welche in Städten durch Fabriken, durch Fäulniß thierischer Abfallstoffe, durch stark verunreinigten Boden u. s. w. vielfach erzeugt

<sup>1)</sup> „Die niederen Pilze“. S. 273.

werden; sie ist auch nicht verunreinigt durch Rauch und Ruß, durch schwefelige Säure, die der Stadtluft durch Tausende von Kaminen beständig zugeführt werden; sie ist endlich auch frei von dem Straßenstaube, der die Bewohner der Städte oft so sehr belästigt und in größerer Menge eingeathmet gesundheitsschädlich wirken kann<sup>1)</sup>. Als eine weitere werthvolle Eigenschaft derselben muß hervorgehoben werden, daß sie viel ärmer an Bakterienkeimen ist als die Stadtluft und auch in dieser Beziehung der Gebirgs- und Seeluft am nächsten steht. Interessant ist die folgende von *Miquel* aufgestellte Tabelle über den Gehalt verschiedener Luftsorten an Bakterien in 1 Kubikmeter Luft:

|                               |     |                      |        |
|-------------------------------|-----|----------------------|--------|
| Atlantischer Ozean            | 0,6 | Park von Montsouris  | 490    |
| Auf hohen Bergen              | 1,0 | Rivolistraße, Paris  | 3480   |
| Im Salon der Seeschiffe       | 60  | Neue Theile v. Paris | 4500   |
| Spitze des Pantheons in Paris | 200 | Aeltere „ „ „        | 36000. |

Danach findet sich reine, von Staub und Bakterien freie Luft über dem Meere und an den Küsten, solange der Wind von der See her weht. Auch die Luft auf den Gipfeln hoher Berge, auf den Höhen schneebedeckter Gebirge ist frei von Mikroorganismen. Aus 5jährigen vergleichenden Beobachtungen *Miquel's* (1881 — 1885) geht hervor, daß die Luft im Centrum von Paris pro Kubikmeter durchschnittlich 3910, die Luft des Parkes von Montsouris dagegen durchschnittlich nur 455 Bakterien enthält<sup>2)</sup>. Das Maximum fiel im 5jährigen Mittel in Paris in den Monat Mai und betrug pro cbm Luft 5750; im Parke von Montsouris kam die durchschnittlich höchste Zahl im Monat Juli vor und erreichte nur 740. Wenn die Luft in einem Parke in der Nähe einer großen Stadt schon so bakterienarm ist, so ist zweifellos die Waldluft auf freiem Lande noch viel ärmer daran, worüber zahlreiche vom Verfasser angestellte Untersuchungen in nächster Zeit näheren Aufschluß geben werden.

Bei der hygienischen Beurtheilung der Luft, des Wassers und des Bodens darf nicht bloß die Zahl der vorhandenen Bakterien berücksichtigt werden, sondern es ist auch festzustellen, welchen Arten dieselben angehören.

<sup>1)</sup> Läßt man einen Sonnenstrahl in ein etwas finsternes Zimmer eindringen, so wird der Staub sichtbar und man kann in den beleuchteten Luftschichten eine Masse schwebender organischer und unorganischer Theilchen wahrnehmen.

<sup>2)</sup> Dr. *Miquel*. Die Mikro-Organismen der Luft, übersetzt von *E. Emmerich*. München. 1889.

Man kann sich von der Gegenwart der Mikroorganismen in der Luft leicht überzeugen. Setzt man die frische Schnittfläche einer gekochten Kartoffel während mehrerer Stunden warmer Sommerluft oder warmer Zimmerluft aus und bringt sodann die Kartoffelscheibe unter eine Glasglocke, deren Inneres durch nasses Filtrirpapier feucht erhalten wird, so beobachtet man nach 2 bis 3 Tagen die Entwicklung einer Anzahl schleimiger, farbloser, weißer oder gefärbter Häufchen (Kolonieen) auf der Kartoffeloberfläche, welche ihre Entstehung den aus der Luft aufgefallenen Keimen verdanken. Die mikroskopische Untersuchung lehrt, daß darunter Kolonieen von Schimmelpilzen, Sproßpilzen (Hefezellen) und Spaltpilzen (Bakterien) sich befinden. Die Zahl der in der Luft befindlichen Bakterien ist keine so große als Viele glauben; in 1 Liter der uns umgebenden reinen Atmosphäre sind durchschnittlich 3—5 Keime enthalten, doch wechselt die Menge nach Ort und Zeit außerordentlich. Gewissen Arten der in der Luft, im Regenwasser und im Boden enthaltenen Mikroorganismen ist im Haushalte der Natur die wichtige Aufgabe zugewiesen, durch ihre Lebensthätigkeit jene Zersetzungserscheinungen hervorzurufen, welche unter dem Namen Gährung, Fäulniß und Verwesung bekannt sind. Sie sind große Wohlthäter der Menschen, indem sie sämtliche abgestorbene vegetabilische und thierische Reste zerstören und die Erdoberfläche von diesem Unrath reinigen<sup>1)</sup>. Die Gesundheit wird nur dann gefährdet, wenn in der Luft oder im Wasser neben den unschädlichen auch eine gewisse Menge parasitischer oder pathogener (krankheitserregender) Bakterien vorkommen, welche vom lebenden Orga-

---

<sup>1)</sup> Uebergießt man ein Stückchen Fleisch, Erbsen oder Bohnen, etwas Heu oder Brod u. s. w. mit wenig Wasser und läßt diesen Aufguß bis zum nächsten Tage an einem warmen Orte stehen, so wimmelt die in Fäulniß begriffene, trübe, milchige Flüssigkeit von Bakterien. Nach einiger Zeit nimmt die Trübung ab, das Wasser wird wieder klar und geruchlos. Die organischen Stoffe sind von den Bakterien verzehrt und zersetzt worden, sie finden keine Nahrung mehr, hören auf, sich durch Spaltung weiter zu vermehren und setzen sich am Boden als weißer Niederschlag ab. Damit ist der Fäulnißprozeß beendet. In ähnlicher Weise klärt sich ein stinkendes, trübes Wasser allmählich und verliert den Fäulnißgeruch, eine Erscheinung, welche man als Selbstreinigung der Flüsse bezeichnet und die bewirkt, daß Flüsse und Bäche, welche durch Kloakenwasser etc. verunreinigt sind, bei ihrem weiteren Lauf sich der vorhandenen lästigen und schädlichen Bakterien und organischen Stoffe rasch zu entledigen im Stande sind und immer ärmer daran werden.

nismus aufgenommen, bei vorhandener Disposition gewisse Krankheitserscheinungen (die sog. Infektionskrankheiten) hervorrufen.

Man kann die Luft leicht staub- und pilzfrei machen, wenn man sie durch eine hinreichende Menge von Baumwolle filtrirt. Sämmtliche suspendirte Staubtheilchen und mikroskopisch kleinen Pilze werden von der Baumwolle vollständig zurückgehalten. Ganz ähnlich wie Baumwolle verhält sich poröser, feinkörniger Boden. Aspirirt man durch eine mit feuchtem feinen Sand gefüllte Glasröhre pilzhaltige atmosphärische Luft, so wird sie ebenfalls von Pilzkeimen vollständig befreit. Aus dieser filtrirenden Eigenschaft des Bodens folgt, daß die zirkulirende Bodenluft ein schlechtes Transportmittel für Infektionskeime bilden kann<sup>1)</sup>.

In jüngster (Zeit 1890) stellten *A. Serafini* und *J. Arata* in Rom im Walde und außerhalb desselben vergleichende bakteriologische Untersuchungen an, die ergeben haben, daß auch der Wald mit seinen zahlreichen Aesten und Blättern eine filtrirende Wirkung ausübt und das Vermögen besitzt, einen Theil der durch die Winde von außen zugeführten Staubtheilchen und Mikroorganismen zurückzuhalten und auf diese Weise zur mechanischen Reinigung der Luft beizutragen<sup>2)</sup>.

Die hygienische Bedeutung der Waldluft darf aber nicht allein in ihrer reinen Beschaffenheit gesucht werden, sondern ist auch in besonderen klimatischen Verhältnissen begründet. Die vielen Bäume mit ihrem Kronenschirm beschatten je nach dem Grade der Bestandesdichte den Boden mehr oder weniger stark und verbrauchen einen großen Theil der zugeführten Wärme in den Blättern zur Assimilation und Transpiration. In Folge dessen sind die Blätter und die Baumstämme kälter als die umgebende Luft und wirken abkühlend auf diese ein. Der Wald gewährt deshalb am Tage einen wohlthätigen Schutz gegen die Sonnenbitze und erhält den Boden und die Luft im Sommer kühl und frisch. Während der Nacht vermindern die Baumkronen den Wärmeverlust durch Ausstrahlung, wodurch der Boden und die Luft gegen starke Abkühlung

<sup>1)</sup> Jeder starke Regen trägt zur Reinigung der Luft bei, indem er den Staub auswäscht und frischere reinere Luft aus den höheren atmosphärischen Schichten mit herabbringt. Eine noch größere luftreinigende Kraft besitzen die Gewitter, bezw. die elektrischen Entladungen, durch welche Staub niedergeschlagen wird.

<sup>2)</sup> Intorno all' azione dei boschi sui mikroorganismi trasportati dai venti. Roma. Tipografia Fratelli Centenari. 1890.

geschützt sind. In innigem Zusammenhange damit steht die hygienisch wichtige Thatsache, daß die Waldluft im Sommer viel geringeren täglichen Temperaturschwankungen (Extremen) unterliegt und in Folge ihrer niedrigeren Temperatur relativ feuchter ist als die benachbarte freie Landluft<sup>1)</sup>. Dieser klimatische Charakter tritt um so stärker hervor, je wärmer die Tages- und Jahreszeit ist, je gedrängter die Bäume stehen und je mehr der Bestandesschluß zunimmt. In dichten Junghölzern ist zu Folge meiner neueren Untersuchungen das Waldklima weit stärker ausgeprägt als in alten haubaren und lückigen Beständen. Die lichten und sonnigen Kiefernwälder in der Ebene sind wärmer und trockener als die dichten, feuchten und kalten, häufig nebeligen Fichtenwälder in höheren Gebirgslagen.

Vom hygienischen Standpunkte aus ist auch beachtenswerth, daß zu Folge meiner Untersuchungen die Luft innerhalb der Baumkronen und unmittelbar über denselben, dann in der nächsten Umgebung des Waldes im Mittel einen größeren Ozongehalt besitzt als im Innern desselben, wo ein Theil Ozon durch die verwesende Pflanzendecke verzehrt wird<sup>2)</sup>.

Wenn auch das Ozon nicht die große hygienische Bedeutung hat, als man früher vielfach glaubte, und insbesondere in keinerlei Zusammenhang mit dem Auftreten von Epidemien steht, so ist doch zweifellos, daß die Luft je nach ihrem größeren oder geringeren Ozongehalte örtlich und zeitlich stärkere oder schwächere oxydirende Eigenschaften besitzt und zur Reinigung derselben beiträgt, indem das Ozon die übelriechenden und oft schädlichen Gase, welche bei der Fäulniß thierischer oder bei der Vermoderung vegetabilischer Stoffe in sumpfigen Gewässern erzeugt werden, auch von stark verunreinigtem Boden aus in die Luft aufsteigen, oxydirt und zerstört<sup>3)</sup>. Man findet daher größere Ozonmengen nur an Orten, die sich durch reine Luft auszeichnen, wie in der Nähe des Waldes, im Gebirge, über dem Meere und am Meeresstrande, an Seen, in der Wüste, in der Nähe von Wasserfällen, Gradirhäusern etc., es fehlt aber in der

<sup>1)</sup> Vergl. „Physikalische Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden“.

<sup>2)</sup> Ziffermäßige Belege dafür finden sich in dem erwähnten Buche des Verfassers.

<sup>3)</sup> Sehr häufig wird ozonisirter Luft auch das Vermögen zugeschrieben, Bakterien vernichten zu können, — eine Annahme, für die aber noch kein Beweis erbracht worden ist. Nach *Dubief* und *Brühl* werden die Bakterien und Keime in der Luft durch schwefelige Säure, namentlich bei Gegenwart von Wasserdampf, getödtet (*Acad. des sciences. 1889. 108. pag. 824*).

Regel oder ist in geringer Menge vorhanden in den großen Städten, in unreiner Zimmerluft, in der Nähe von Düngerstätten und Aborten, in starker nebeliger Luft, wo es durch Oxydation organischer Stoffe verzehrt wird.

Ozon wird in der Atmosphäre vorzugsweise durch elektrische Entladungen erzeugt, die wie oben erwähnt, auch bei der Reinigung der Luft eine große Rolle spielen. In gewitterreichen Ländern (unter den Tropen) zeichnen sich deshalb alle Orte mit reiner Luft durch starken Ozongehalt aus. Feuchte Südwest- und Westwinde, welche über das Meer zu uns gelangen, erhöhen die Ozonmenge, während trockene Luft und Staub dieselbe vermindern. Das Ozon-Maximum fällt in Mitteleuropa auf die Frühlingsmonate (März, April und Mai), die geringste oxydirende Eigenschaft besitzt die Luft bei uns in den nebelreichen Monaten Oktober, November und Dezember.

Bei hellem Himmel ist die feuchte und thaureiche Nachtluft ozonreicher als die Luft an warmen und trockenen Tagen.

In neuerer Zeit wurden wieder beachtenswerthe Stimmen laut, welche auf Grund eingehender Beobachtungen dem Ozon der Luft gewisse Einwirkungen auf unser Wohlbefinden zuerkennen. So hat z. B. Prof. *Binz* in Bonn experimentell nachgewiesen, daß Luft, welche durch starke elektrische Ströme ozonisiert wurde, schlafherzeugend wirkt<sup>1)</sup>; ferner schreibt Dr. *Eyselein*, Direktor der Heilanstalt für Nervenleidende in Blankenburg am Harz, auf Grund mehrjähriger Erfahrungen einer Luft von mittlerem Ozongehalt einen sehr günstigen Einfluß auf chronische Nervenranke zu<sup>2)</sup>. Es dürfte hierin die Erklärung zu suchen sein, daß oftmals so auffallend rasche Heilresultate in Wald- und Gebirgsluft, wie an der See, erzielt werden.

Im Anschluß an diese werthvollen Eigenschaften der Waldluft muß noch darauf hingewiesen werden, daß die zahlreichen Bäume auch die Luftbewegung in hohem Grade schwächen und Schutz gegen starke Winde, insbesondere gegen die nördlichen rauhen und trockenen Luftströme gewähren, die leicht entzündliche Krankheiten veranlassen.

Wenn man berücksichtigt, daß der Wald diesen Schutz auch der nächsten Umgebung gewährt und die charakteristischen Eigenthümlichkeiten der Waldluft durch die Luftströmungen, wenn auch in vermindertem Grade, auf die benachbarten Orte übertragen werden, so ist be-

<sup>1)</sup> Berliner Klinische Wochenschrift. 1882. S. 43.

<sup>2)</sup> Tageblatt der Naturforscher-Versammlung in Magdeburg. 1884. S. 360.

greiflich, daß Luft- und Terrainkurorte mit Vorliebe in der Nähe von Wäldern, thunlichst auf südlichen und südwestlichen, vor kalten Winden geschützten Abhängen, möglichst hoch über der Thalsohle und dem Flußbett errichtet werden.

Dem Walde muß aber endlich auch eine nicht zu unterschätzende günstige psychische Einwirkung auf den Menschen zugeschrieben werden. Wer an sich selbst schon erfahren hat, welchen Eindruck im Walde die domartigen hochstämmigen Hallen mit ihren hundertfältig abgestuften Tönen des Grüns, mit dem anmuthigen Wechsel von Licht und Schatten, mit ihrer Einsamkeit und Ruhe auf ein empfängliches Herz und Gemüth ausübt, der wird es begreiflich finden, daß beginnende Geistesstörungen in der Einsamkeit des Waldes schon oft eine glückliche Lösung gefunden haben.

Nach dem Gesagten ist die sanitäre Bedeutung der Waldluft wissenschaftlich vollständig begründet. Wenn auch reine gute Luft nie als Heilmittel, sondern nur als Unterstützungsmittel für die Heilung gelten kann, so läßt sich doch der Werth derselben für den kranken wie für den gesunden Menschen leicht bemessen, wenn man berücksichtigt, daß ein erwachsener Mensch durch die Thätigkeit der Lungen in 24 Stunden etwa 9000 Liter Luft, beziehungsweise 1800 Liter Sauerstoff dem Innern seines Körpers zuführt, wovon der vierte Theil durch den Athmungsprozeß verbraucht, von den rothen Blutkörperchen gebunden und an die sauerstoffbedürftigen Gewebe abgegeben wird. Nachts (während des Schlafes) wird vom Blute weit mehr Sauerstoff aufgenommen als am Tage und ein gewisses Quantum aufgespeichert, um dem Körper neue Spannkraft und Leistungsfähigkeit für den kommenden Arbeitstag zu liefern.

Schon sehr geringe Mengen schädlicher Stoffe können bei dauerndem Aufenthalte in unreiner Luft für die Gesundheit nachtheilig werden, da die Wirkung derselben durch den Athmungsprozeß sich von einem Tag zum andern summirt. Es ist zweifellos, daß mäßige körperliche Bewegung in guter reiner Luft für die Entwicklung des jugendlichen Körpers, für die Förderung des Stoffwechsels, für die Kräftigung der Muskeln und des ganzen Organismus, für die Erhaltung der Gesundheit ebenso wichtig ist als passende gute Nahrung, reines gesundes Wasser und eine sonnige, trockene Wohnung. Die günstigen Heilerfolge, welche in südlichen Ländern oder in hohen Gebirgslagen bei beginnender Erkrankung der

Lungen häufig erzielt werden, sind in erster Linie der reinen Luft, dann der zweckentsprechenden Nahrung, der körperlichen systematischen Bewegung und der seelischen Ruhe der Patienten zu danken. Heilanstalten für Brustkranke, Nervenleidende, Blutarme sind daher überall möglich, wo es reine gesunde Luft giebt; vor Allem empfiehlt sich dazu die staubfreie und bacillenarme Luft waldreicher und trockener Gegenden.

Um nicht nur am Tage, sondern auch Nachts möglichst viel reine Luft zur Verfügung zu haben, findet bei günstiger Jahreszeit das Schlafen bei offenem Fenster mehr und mehr Eingang. Um Erkältung zu vermeiden, stelle man das Bett so, daß es keiner Zugluft ausgesetzt ist, lasse Nachts die Jalousieen herunter und öffne die Fenster des Schlafzimmers je nach der Jahreszeit ganz oder halb, oder lehne sie nur leise an. Wer diese Regeln beobachtet, der wird finden, daß sein Schlafzimmer Morgens niemals den unangenehmen Geruch hat, der für schlechte Zimmerluft so charakteristisch ist.

Um ununterbrochen in gesunder und frischer Luft athmen zu können, wurden in den letzten Jahren in den größeren Naturheilstätten Deutschlands, z. B. im *Lahmann'schen* Sanatorium bei Dresden, sogar offene Wohn- und Schlafräume, sog. Lufthäuser, im Walde oder am Waldesrande errichtet.

Die sanitäre Bedeutung des Waldes darf aber nicht allein in den geschilderten Eigenschaften der Waldluft gesucht werden, sondern erstreckt sich auch auf den Waldboden, der durch das gesellige Zusammenleben der Bäume gewisse charakteristische Eigenschaften erlangt, die vom hygienischen Standpunkte aus alle Beachtung verdienen.

## 2. Hygienische Bedeutung des Waldbodens.

### a. Ansprüche der Mikroorganismen an den Boden.

Durch *v. Pettenkofer's* verdienstvolle vieljährige Beobachtungen und Erfahrungen über den örtlichen und zeitlichen Verlauf der Epidemien wurde es in hohem Grade wahrscheinlich gemacht, daß die Cholera, der Unterleibstypus, das Gelbfieber, ähnlich wie die Malaria zu den Bodenkrankheiten, d. h. zu den miasmatischen Infektionskrankheiten gehören, welche nicht wie die contagiösen (Scharlach, Masern, Pocken, Diphtherie etc.) durch direkte Uebertragung der im kranken Körper ent-



standenen und in den Darmentleerungen, in Hautabschuppungen, im Hustenschleim, Schweiß, Eiter, im Erbrochenen enthaltenen spezifischen Krankheitskeime von einer Person auf die andere ansteckend wirken, sondern von den Infektionskeimen (bestimmten Bakterienarten) ausgehen, welche Personen oder Gegenstände, die aus einem infizierten Orte kommen, in Kleidern, Wäsche etc. mitbringen, in die oberen Schichten des Erdreichs gelangen, an gewissen Orten und zu bestimmten Zeiten — unter günstigen Boden- und Witterungsverhältnissen — sich massenhaft entwickeln und vermehren, im Boden eine Art von Reifung durchmachen, nach dem Austrocknen der obersten Schichten durch die Winde mit dem Staub der atmosphärischen Luft zugeführt werden, durch Einathmen in den Körper gesunder Individuen gelangen und bei vorhandener Disposition neue Erkrankungen und Epidemien hervorrufen. Die krankmachenden Keime werden von den infizierten Orten aus durch den persönlichen und sachlichen Verkehr immer schon viel früher verbreitet und ausgesät, ehe sich die Epidemien zeigen. Da der menschliche Verkehr auch durch eine Quarantäne nicht pitzdicht zu gestalten ist, so lassen sich Seuchen, wie die Cholera, erfahrungsgemäß durch diese prophylaktische Maßregel in ihrer Verbreitung nicht aufhalten.

Nach dieser lokalistischen Theorie kann an einem Orte Cholera, Typhus etc. ausbrechen, ohne daß ein Cholera- oder Typhuskranker dorthin gelangt, wenn der Krankheitskeim durch den Verkehr mit einem Cholera- oder Typhusorte verbreitet wurde und Boden und Klima für die Entwicklung und Vermehrung desselben günstig sind.

Entgegen der *v. Pettenkofer'schen* Lehre halten die Kontagionisten, insbesondere Prof. *R. v. Koch* in Berlin, die Cholera und den Typhus für direkt ansteckungsfähig, d. h. durch Vermittelung infizierten Trinkwassers, der Nahrungsmittel oder anderer feuchter Gegenstände, an welchen die Infektionskeime haften (Wäsche, Kleider etc.), von einem kranken auf einen gesunden Menschen übertragbar und erblicken die Gefahr nicht im Boden, sondern im kranken Menschen, hauptsächlich in seinen Darmentleerungen, welche eine Menge lebensfähiger Cholera-, bzw. Typhusbacillen enthalten. Um an einem Orte oder in einzelnen Häusern diese Epidemien hervorzurufen, genügt nach der kontagionistischen Anschauung schon, daß beispielsweise durch Versitzgruben oder beim Reinigen beschmutzter Wäsche geringe Theile eines Cholera- oder Typhusstuhles in

das Brunnenwasser oder in Wasserleitungen gelangen, welche das Trinkwasser mit den spezifischen Krankheitskeimen verunreinigen und mit demselben oder mit Speisen in den Körper gesunder Individuen gelangen. Bei vorhandener Disposition können sich dann die Bacillen im Darm in kürzester Zeit massenhaft entwickeln und die genannten Epidemien veranlassen.

Es kann aber wohl keinem Zweifel unterliegen, daß bei diesen epidemischen Krankheiten die Bodenbeschaffenheit eine sehr wichtige Rolle spielt; denn schon die Thatsache, daß es nicht nur bei uns, sondern auch in anderen Ländern Orte oder Distrikte giebt, welche von diesen Infektionskrankheiten stets verschont bleiben und als immun oder siechfrei sich erweisen, daß ferner weder Quarantäne noch die Desinfektion der Ausleerungen Cholerakranker einen Schutz gegen diese Krankheiten gewähren, und nur die sanitäre Verbesserung des Bodens durch Fernhaltung aller organischen Verunreinigungsstoffe, durch Entwässerung und Kanalisation, durch Reinlichkeit im Hause als die beste Maßnahme gegen Cholera und Typhus sich erwiesen hat, deutet ganz entschieden darauf hin, daß die Beschaffenheit des Bodens in einem gewissen Zusammenhang mit den Gesundheitsverhältnissen der Menschen steht und großen Einfluß auf das örtliche und zeitliche Auftreten und auf die Verbreitung der erwähnten Epidemien hat.

Um die hygienische Bedeutung des Waldbodens richtig würdigen zu können, müssen wir mit den Bedingungen bekannt sein, unter welchen eine reichliche Entwicklung und Vermehrung der Spaltpilze (Bakterien) im Boden möglich ist, und müssen mit den charakteristischen Eigenthümlichkeiten des Waldbodens bekannt sein, um bemessen zu können, ob und inwieweit er den Ansprüchen der Bakterien zu genügen vermag. Die von mir in den letzten Jahren durchgeführten umfassenden Untersuchungen des Waldbodens liefern dazu hinreichendes Material und gewähren die erforderliche wissenschaftliche Unterlage.

Wie die höheren Gewächse nicht auf jedem Boden gedeihen, so brauchen auch die kleinsten lebenden Geschöpfe des Pflanzenreichs, die verschiedenen Spaltpilzarten, zu ihrem normalen kräftigen Wachstum besondere Nährstoffe und physikalische Bedingungen, die nicht in allen Bodenarten in genügendem Maße geboten sind. In erster Linie beanspruchen sie einen Boden, der eine gewisse Menge organischer Stoffe enthält, aus welchen sie nicht nur die zu ihrer Ernährung nothwendigen stickstoff-

haltigen Verbindungen (Eiweißstoffe, Amidkörper oder Ammoniak), sondern auch ihren Bedarf an stickstofffreien Kohlenstoffverbindungen und löslichen Mineralsalzen, insbesondere Kalisalzen und Phosphaten, in bestimmten Verhältnissen zu entnehmen vermögen. Ueberall, wo sich geringe Reste von thierischen oder Pflanzenstoffen finden, können Mikroorganismen sich entwickeln, sobald genügende Feuchtigkeit vorhanden ist. Jede Bakterienart stellt aber ihre besonderen Ansprüche an den Nährboden. Je besser die Ernährungsverhältnisse sind, um so kräftiger entwickeln sich dieselben, je weniger sie zusagen, um so mehr verkümmern sie in ihrer Ausbildung. Die saprophytischen Bakterien (Gährungs-, Verwesungs- und Fäulnißpilze) wachsen auf Ueberresten abgestorbener Pflanzentheile oder auf verwesenden Leichen; die parasitischen oder pathogenen Bakterien gedeihen am besten im lebenden Körper höherer Organismen und nisten sich als echte Schmarotzer in ihren Wirthen ein. Die meisten Krankheitserreger können aber auch wie die Saprophyten außerhalb des Organismus leben, sie lassen sich mit Hilfe geeigneter Nährsubstanzen (gekochten Kartoffelscheiben, Peptongelatine, Agar-agar, Blutserum) künstlich züchten und isoliren (Reinkulturen), wirken aber als Parasiten schädlich, sobald sie in den Körper der Menschen oder Thiere gedungen sind. Der Milzbrandbacillus (*Bac. anthracis*) kann z. B. auf der Oberfläche gekochter Kartoffeln, in Aufgüssen von Heu, Weizen etc. trefflich gedeihen, er ist von Haus aus ein echter Saprophyt, die geringste Menge aber durch eine kleine Verletzung, durch Insektenstich in die Haut eingebracht, oder mit dem Futter, mit dem Wasser aufgenommen, genügt, in jedem Augenblick als Parasit zu wirken und die verheerende Milzbrandkrankheit bei Rindern und Schafen, seltener bei Pferden und Schweinen zu erzeugen<sup>1)</sup>. Aehnlich verhält sich der Typhusbacillus, der sich ebenfalls auf Kartoffelscheiben, auf Gelatine recht gut züchten läßt. Der Tuberkelbacillus dagegen ist ein echter Parasit, der innerhalb des thierischen oder menschlichen Körpers die günstigsten Bedingungen für sein Fortkommen findet.

Wenn wir uns vergegenwärtigen, daß die vegetabilischen Reste im Walde, die abgefallenen Herbstblätter und Nadeln viel ärmer an werth-

<sup>1)</sup> Die Wild-, Rinder- und Schweineseuche wird durch kleine eiförmige Bakterien veranlaßt, welche mit den Bakterien der Hühnercholera sehr nahe verwandt sind und außerhalb des thierischen Körpers in einem an organischen Substanzen reichen Brunnenwasser, in gedüngter Acker- und Gartenerde sich fortpflanzen.

vollen Nährstoffen (Eiweißkörpern, Kalisalzen und Phosphaten) sind als die lebenden grünen Blätter, so leuchtet ein, daß der Waldhumus für alle anspruchsvolleren Bakterien einen viel schlechteren Nährboden bildet als der Humus in Acker- und Gartenböden, im verunreinigten Boden der Städte und Dörfer, welcher aus stickstoffreichen thierischen Stoffen — Fäkalien, Kloakenwasser, thierischen Abfällen aller Art — entstanden ist<sup>1)</sup>. Die anspruchsvolleren pathogenen Spaltpilze gedeihen schon aus diesem Grunde in den letzteren Bodenarten viel besser als im Waldboden. Durch die thierischen Auswurf- und Abfallstoffe, namentlich aber durch die Jauche (Harn) gelangen auch mehr werthvolle lösliche Mineralsalze in den Boden, welche ebenfalls die Entwicklung der anspruchsvolleren Bakterien sehr begünstigen. Anhäufungen von Koth oder Dünger in der Nähe von Wohnungen, in Versitzgruben gefährden deshalb die Gesundheit weit mehr als Anhäufungen vegetabilischer Stoffe. Die neutrale oder schwach alkalische Reaktion der aus thierischen Resten erzeugten Humusstoffe entspricht den meisten Spaltpilzen, insbesondere den pathogenen Bakterien, auch weit mehr als die saure Beschaffenheit vieler Waldböden und der Torfböden; denn schon geringe Mengen freier Säuren hemmen die Entwicklung der meisten Spaltpilze. Die saure Reaktion des Saftes lebender Pflanzen trägt jedenfalls wesentlich dazu bei, daß die parasitischen Pflanzenkrankheiten vorwiegend durch höhere Pilze (Schimmelpilze) veranlaßt werden, und Spaltpilze nur in wenigen Fällen betheiligt sind<sup>2)</sup>. Es giebt aber auch niedere Pilze, welche nur auf Nährboden von schwach saurer Reaktion wachsen und verschwinden, sobald das Nährmaterial durch Ammoniak etc. alkalisch wird. Zu dieser Gruppe gehören die Schimmelpilze und jene Bakterienarten, welche die Essig-, Milchsäure-, Buttersäure- und schleimige Gährung veranlassen.

Eine recht bedeutsame Rolle im Leben der Bakterien spielt auch der größere oder geringere Luft- beziehungsweise Sauerstoffzutritt. Die weitaus

<sup>1)</sup> Ein Wasser, welches thierische, stickstoffhaltige organische Substanzen enthält, ist für die Ernährung von Mikroorganismen auch viel geeigneter, als ein Wasser, in welchem nur geringe Mengen stickstoffarmer vegetabilischer Stoffe vorkommen. In der atmosphärischen Luft kann eine Vermehrung der Bakterien nicht stattfinden.

<sup>2)</sup> Viele Spaltpilze, welche durch Speisen und Getränke in den Magen gelangen, gehen wegen der sauren Beschaffenheit des Magensaftes zu Grunde oder vegetiren kümmerlich. Nur die widerstandsfähigen Sporen solcher Bakterien können den Magen passiren und den Darm erreichen.

größere Zahl der Mikroorganismen vermag bei Abwesenheit von Sauerstoff nicht zu gedeihen. Die Schimmelpilze und die meisten Spaltpilze (aërobene Bakterien) sind so sauerstoffbedürftig, daß sie sich nur in den obersten luftreichen Erdschichten entwickeln. Einige sind in dieser Hinsicht so empfindlich, daß schon mangelhafter Luftzutritt einen ungünstigen Einfluß auf ihre Lebensthätigkeit ausübt. Die giftigen Milzbrandsporen z. B. wachsen und vermehren sich unter günstigen Verhältnissen sehr rasch in den obersten warmen Bodenschichten, entwickeln sich aber in größerer Tiefe sehr kümmerlich oder gehen wegen mangelhaften Luftzutritts und wegen zu niedriger Temperatur bald ganz zu Grunde. Milzbrandkadaver soll man daher entweder verbrennen oder etwa  $1\frac{1}{2}$  bis 2 m tief vergraben, um sicher zu sein, daß keine weitere Sporenbildung stattfindet<sup>1)</sup>.

Die meisten pathogenen Bakterien, wie die Cholera- und Typhusbacillen, bedürfen zur vollkommenen Entwicklung ebenfalls ziemlich reichlicher Sauerstoffzufuhr, vermögen aber auch bei Sauerstoffabschluß kümmerlich fortzukommen. Bearbeiteter lockerer Acker- und Gartenboden ist auch aus diesem Grunde für die Entwicklung der pathogenen Spaltpilze geeigneter als unbearbeiteter dichter Waldboden.

Die Zahl der anaëroben Bakterien, für welche Sauerstoff geradezu ein Gift ist und die nur bei Abschluß der Luft gedeihen, ist eine relativ geringe.

Zu den wichtigsten Lebensbedingungen aller Pilze gehört ferner, daß sie in ihrem Nährboden ausreichende Wassermengen vorfinden. Aber auch in dieser Beziehung verhalten sie sich wieder sehr verschieden. Während sich die Schimmel- und Verwesungspilze mit mäßigem Feuchtigkeitsgrade begnügen, beanspruchen die Fäulnißbakterien und alle anspruchsvolleren Spaltpilze einen Boden, der noch bis zu einem gewissen Grade tropfbarflüssiges Wasser in hinreichender Menge enthält. Sowohl ein zu hoher als zu geringer Feuchtigkeitsgrad ist ungünstig. So z. B. erhalten sich die Cholera-(Komma-)bacillen in feuchter Umgebung monatelang lebensfähig, sind aber gegen Trockniß so empfindlich, daß sie ausgetrocknet ge-

<sup>1)</sup> Milzbrandkranké Thiere enthalten im Blute, im Harn, im Koth zahlreiche Milzbrandbacillen; gelangen letztere nach Oeffnung des Kadavers auf einen geeigneten Nährboden, so vermehren sie sich und bilden während der heißen Jahreszeit die schädlichen Sporen, die von Weide-Thieren mit dem Futter aufgenommen werden oder in das Heu gelangen und später in Ställen Veranlassung zu plötzlich auftretenden Epidemien geben. Durch austretende Flüsse können auch Sporen fortgeschwemmt werden und an entfernteren Orten Milzbrand hervorbringen.

wöhnlich schon in einigen Stunden zu Grunde gehen; eingetrocknete Typhusbacillen bleiben dagegen mehr als 3 Monate lebensfähig.

Ein mit organischen Stoffen verunreinigter Boden, der so trocken gelegt ist, daß er nur vorübergehend durch Regen benetzt wird, gestattet nach *v. Naegeli's* Beobachtungen nur das Wachsthum von Schimmelpilzen und von unschädlichen saprophytischen Spaltpilzen, während pathogene Bakterien verkümmern und bald zu Grunde gehen<sup>1)</sup>. Die letzteren beanspruchen einen Boden, in welchem die kapillaren Hohlräume wenigstens noch zum Theil mit tropfbarflüssigem Wasser erfüllt sind. Mit der Abnahme der Bodenfeuchtigkeit wird die Lebensthätigkeit derselben gehemmt, eventuell sogar vollständig aufgehoben. So z. B. sind die Wüsten wegen ihrer großen Trockenheit für Bodenkrankheiten unempfindlich, ebenso treten in Aegypten, wo der Regenfall das ganze Jahr hindurch sehr gering ist, Choleraepidemien nur vom Juni an auf, wo der Nil zu steigen beginnt und Ueberschwemmungen veranlaßt. Dadurch erklärt sich, daß Aegypten bisher viel weniger Cholera-Epidemien hatte als Berlin, trotz seines regen Verkehrs mit Indien, wo die Cholera ihre Heimath hat, in gewissen Gebieten immer vorkommt und endemisch auftritt (*v. Pettenkofer*)<sup>2)</sup>. In allen Ländern mit geringen Niederschlägen verschwindet oder vermindert sich die Cholera in der Trockenzeit, während sie mit dem Beginn der Regenzeit steigt und allmählich ihr Maximum erreicht. In Ländern oder Orten mit großer jährlicher Niederschlagshöhe (Calkutta) nehmen dagegen während der Regenzeit die Choleraerkrankungen wegen der zu starken Durchfeuchtung des Bodens ab, während sie in der Trockenzeit steigen. Besonders nachtheilig ist es, wenn in einem mit thierischen Abfallstoffen oder Exkrementen stark

<sup>1)</sup> In Uebereinstimmung damit beobachtete Prof. *Fr. Hofmann* wiederholt, daß Kinderleichen, welche in den oberflächlichen und deshalb zur Sommerzeit leichter trocknenden Schichten der Kindergräber beerdigt waren, hauptsächlich der Zerstörung durch Schimmelpilze anheimfielen, während die tiefer liegenden, schwerer austrocknenden Leichen von Erwachsenen in dem gleichen Friedhofsboden durch Fäulnißbakterien zerstört und aufgelöst wurden (Archiv für Hygiene, I. Bd. 1883. S. 277).

<sup>2)</sup> Aus Indien wurde die Cholera in den Jahren 1829–1837 zum ersten Male nach Europa eingeschleppt. In Bayern trat sie zuerst im August 1836 in Mittenwald an der Isar, dann in Altötting am Inn und im Oktober 1836 in München auf.

verunreinigten Boden sich schon in verhältnißmäßig geringer Tiefe Grundwasser findet. Folgt nach hohem Stande desselben ein starkes Fallen, so bleiben die kapillaren Räume mit Wasser erfüllt, während die größeren nichtkapillaren Hohlräume Luft enthalten. Solche Bodenverhältnisse begünstigen die Bakterienbildung in hohem Grade. Zur Zeit als München noch ein fruchtbarer Typhusboden war, haben *v. Buhl* und *v. Seidel* nachgewiesen<sup>1)</sup>, daß mit einem über das Mittel erhöhten Grundwasserstande (bei zu großer Bodenfeuchtigkeit) die Typhusfrequenz abnahm, daß dagegen das Sinken desselben in den verlassenenen kapillarisch gesättigten Bodenschichten eine Entwicklung und Vermehrung der Typhusbacillen hervorbrachte, was eine bedeutende Zunahme an Typhuserkrankungen zur Folge hatte. Dasselbe wurde in Berlin, Danzig und anderen Orten konstatiert.

Bei der Anlage neuer Wohnungen soll man daher immer Rücksicht auf die Grundwasserverhältnisse nehmen. Ergiebt sich, daß an dem gewählten Bauplatz Grundwasser schon in geringer Tiefe sich vorfindet, so lege man den Spiegel desselben durch Drainirung, Kanalisation oder durch Aufschüttung des Bodens so tief, daß die obere Bodenkrume aus dem Bereich der verderblichen Grundwasserschwankungen kommt. Steht bei vorhandenem hügeligem Terrain die Wahl des Platzes frei, so baut man besser auf Anhöhen oder an Thallehnen, als in Thalmulden, besser auf lehmreichen als auf sandigen oder kiesigen Grund. In den tiefer liegenden, feuchteren Stadttheilen, die das Grundwasser näher haben, treten Bodenkrankheiten (Cholera, Typhus etc.) in der Regel intensiver auf als an höher gelegenen, trockeneren Punkten.

Der Grundwasserstand und die Schwankungen desselben können selbstverständlich nur eine nachtheilige Wirkung äußern, so lange der Boden mit organischen, namentlich thierischen Stoffen stark verunreinigt ist. In einem reinen Boden hat das Fallen oder Steigen desselben nicht den geringsten Einfluß auf die Entstehung epidemischer Bodenkrankheiten. Seitdem in München der Boden reiner gemacht worden ist, indem die Abortgruben, welche früher wesentlich Versitzgruben waren, durch Zementirung wasserdicht gemacht und viele kleine Schlachtstätten und Metzgereien mit ihrem Unrath durch Errichtung eines allgemeinen Schlacht-

<sup>1)</sup> Zeitschrift f. Biologie. I. Bd. S. 221. II. Bd. S. 145.

und Viehhofes aus der Stadt beseitigt worden sind; seitdem ferner durch Kanalisation für eine gründliche Haus- und Bodenentwässerung und für Tieferlegung des Grundwassers, für Herstellung gut ventilirter, trockener Wohnungen Sorge getragen wurde, haben das Grundwasser und der Münchener Boden ihre Gefährlichkeit für Typhus und Cholera verloren, und es trat in Folge der Anlage der Assanirungswerke (seit 1880) ein so außerordentlicher Rückgang der Typhusfrequenz ein, daß München jetzt zu den typhusärmsten Orten gehört. Geheimrath v. *Ziemßen* hat auf Grund zuverlässigen statistischen Materials aus dem Krankenhause links der Isar mit Bestimmtheit nachgewiesen, daß sich in München auch die Tuberkulosensterblichkeit im Laufe der letzten 21 Jahre um den vierten Theil, im Laufe der letzten 18 Jahre sogar um ein Drittel vermindert hat, — eine erfreuliche Thatsache, die jedenfalls hauptsächlich den sanitären Verbesserungen zugeschrieben werden muß, welche unsere Stadt in den letzten Dezentennien erfahren hat. *Milroy* hat für Schottland, *Buchanan* für England nachgewiesen, daß der Feuchtigkeitsgrad des Bodens auf die Tuberkulose großen Einfluß hat, daß sie in Städten mit trockenem Boden am mildesten, in denen mit stark durchfeuchtetem Boden am stärksten herrsche<sup>1)</sup>.

Durch Assanirungswerke der letzten 20 Jahre ist in München die gesammte jährliche Sterblichkeitsziffer von 42 auf 30 vom Tausend zurückgegangen, mithin um 12 pro Mille gesunken.

Von sehr großer Bedeutung für die Entwickelung der Spaltpilze sind endlich noch die Temperaturverhältnisse. Nur innerhalb bestimmter Temperaturgrenzen nach oben und unten sind die Mikroorganismen lebens- und entwickelungsfähig. Alle pathogenen Bakterien gedeihen am besten bei einer Temperatur zwischen 30 und 35° C, also nahezu bei Blutwärme; alle nicht pathogenen Spaltpilze haben ihr Optimum bei etwa 20°. Demgemäß entsprechen die Wärmeszustände in den tropischen und subtropischen Ländern den pathogenen Bakterien weit mehr als die Temperatur in höheren Breitengraden; ebenso werden im Gebirge die Lebensbedingungen um so ungünstiger, in je höhere Lagen wir kommen. Die verschiedenen Bakterienarten verhalten sich aber auch der Wärme

---

<sup>1)</sup> „Wissenschaftliche Rundschau“ der „Münchener Neuesten Nachrichten“. 1889.



gegenüber sehr ungleich. So z. B. vermögen die Milzbrandbacillen bei bei 12—14° nicht mehr zu wachsen; die giftigen Sporen bilden sie erst bei Temperaturen über 20°, am besten bei etwa 30°. Cholera-bacillen entwickeln sich am normalsten bei Körperwärme, sinkt die Temperatur unter 16°, so wachsen sie nicht mehr. Tuberkelbacillen gedeihen am besten bei einer gleichmäßigen Blutwärme von 37°, schon bei einer geringen Abnahme derselben wird ihre Entwicklung eine ganz mangelhafte. Der spezifische Mikroorganismus, welcher das Gelbfieber verursacht, bedarf zu seiner epidemischen Entwicklung und Vermehrung des tropischen und subtropischen Klimas. Gelbfieber kommt daher nur in solchen Gegenden vor, in welchen die mittlere Jahrestemperatur 25° und darüber, die mittlere Wintertemperatur mindestens 20 bis 22° beträgt, und selbst hier gewinnt die Krankheit zumeist erst in der heißen Jahreszeit bei einer Temperatur von 25—27° C eine allgemeine Verbreitung. In klimatischen Zonen mit einer geringeren mittleren Jahrestemperatur als 20° tritt Gelbfieber nur im Sommer auf, wo die Temperatur der der tropischen Gegenden gleichkommt<sup>1)</sup>. Der erste Frost im Winter macht den Krankheitsstoff unwirksam. Da bei uns in Deutschland die nöthige Temperatur zur Entwicklung dieser Infektionsstoffe fehlt, haben wir auch keine Gelbfieber-Epidemien zu befürchten (*v. Pettenkofer*).

Die Lebensthätigkeit der Spaltpilze wird mit abnehmender Temperatur immer geringer und hört unter 5° allmählich ganz auf; aber selbst durch Frost können diese kleinsten Lebewesen nicht getödtet werden; sie verfallen nur in eine Art Kältestarre und sind vollkommen unthätig, werden aber nach dem Aufthauen wieder lebensfähig, sobald die Wärme 5° erreicht hat. Sogar im Eis können sich die Spaltpilze erhalten, ohne daß ihr Fortpflanzungsvermögen und ihre Fähigkeit, Krankheiten zu übertragen, verloren gehen<sup>2)</sup>. Wird das Temperatur-Optimum (30—35°) überschritten, so nimmt ihre Lebensthätigkeit ebenfalls ab; schon bei etwa 45° werden die Bakterienzellen unthätig und zwischen 50 und 60° bei länger wählender Einwirkung getödtet. Die Sporen der Bakterien sind

<sup>1)</sup> *Hirsch*, Deutsche Vierteljahresschrift. Bd. IV. (1872.) S. 355.

<sup>2)</sup> Das zur Conservirung von Nahrungsmitteln und zur Kühlung der Getränke in den Handel gebrachte Natur- und Kunsteis darf daher nur reinen Gewässern entstammen.

viel widerstandsfähiger und erfordern mindestens die Siedehitze des Wassers, um vernichtet zu werden. Alle Nahrungsmittel und Flüssigkeiten kann man deshalb durch Kochen oder durch längeres Erhitzen in strömendem Wasserdampf vollständig keimfrei machen („sterilisiren“). Trockene Hitze von 160° vernichtet schon in einer halben Stunde selbst die dauerhaftesten Bakterienkeime. Strömender Wasserdampf oder trockene Hitze bilden deshalb das beste Zerstörungs- und Desinfektionsmittel für Ansteckungskeime und infektiöses Material<sup>1)</sup>. Bloßes Austrocknen an der Luft tödtet die meisten nicht; weitaus die Mehrzahl bleibt im lufttrockenen Zustande wahrscheinlich Jahre lang lebensfähig und vermehrt sich wieder auf's Neue, sobald sie die erforderlichen organischen Nährstoffe, das nöthige Wasser und die hinreichende Temperatur vorfinden.

Die unter günstigen Verhältnissen in einem Boden massenhaft entwickelten Mikroorganismen können epidemische Krankheiten erst veranlassen, nachdem sie in die Luft übergegangen sind. Da sie aber mikroskopisch kleine organisirte Gebilde sind, so geht ihnen die Fähigkeit ab, Gasform anzunehmen; sie können nur in Form fester Körperchen als Staubtheilchen in die Luft und damit zur Verbreitung gelangen. Solange der Boden an der Oberfläche naß ist, und die Poren mit tropfbarflüssigem Wasser erfüllt sind, ist der Uebergang derselben in die Luft eben so wenig möglich wie das Aufwirbeln von Staub aus einer durch Regen benetzten Straße. Erst wenn die oberen Bodenschichten austrocknen, und durch den Wind Staub gebildet wird, werden die Mikroorganismen mit demselben den unteren Luftschichten zugeführt. Bei der hygienischen Beurtheilung eines Bodens hat man daher sein Augenmerk auch darauf

<sup>1)</sup> Zu den wirksamsten chemischen Desinfektionsmitteln gehören: sehr verdünnte (1‰) Sublimatlösung, 5‰ige Carbolsäure, 2—2½ proc. verdünnte Creolinlösung, dann Salicylsäure, Borsäure, Jodoform, Chloroform, schwefelige Säure u. a. Bemerkenswerth ist die von Prof. C. Lüderitz kürzlich konstatarirte Thatsache, daß auch starker Kaffeeabsud vorzügliche antiseptische Eigenschaften besitzt und keine Bakterien zur Entwicklung kommen läßt. Das Wirksame bilden in erster Linie die beim Rösten von Kaffee entstehenden empyreumatischen Stoffe (Caffeon), das Caffein selbst übt nur einen geringen Einfluß auf Bakterien aus, etwas mehr vielleicht die Gerbsäure (Naturwiss. Wochenschrift. 1890. S. 167. Chem. Centrabl. 1890. 47).

zu richten, ob unter den vorhandenen Verhältnissen das Austrocknen der oberen Schichten und die Staubbildung begünstigt, erschwert oder ganz verhindert ist. Ein Boden, der wegen dauernder Nässe nicht austrocknen kann, ist in hygienischer Beziehung weit unschädlicher als ein solcher, der abwechselnd naß und trocken wird, in welchem das Grundwasser schon in verhältnißmäßig geringer Tiefe sich vorfindet, zur Regenzeit nahe an die Oberfläche tritt, bei trockener Witterung aber wieder bis zu einer gewissen Tiefe sinkt<sup>1)</sup>. Ein mit Gras bewachsener Boden oder ein gut bewaldetes Terrain, auf welchem keine Staubbildung stattfindet, ist günstiger als ein unbebautes Feld; lehmreicher Boden ist wieder besser als lockeres, sandreiches Material<sup>2)</sup>.

In allen Malaria-Gebieten kann man die Erfahrung machen, daß ein infizirter versumpfter Boden erst dann nachtheilig wirkt, wenn die oberen Schichten desselben austrocknen; ebenso hat man dort schon oft beobachtet, daß das Umwühlen und Bearbeiten der infizirten Erde in Folge der Austrocknung und Staubbildung zu mehr oder minder heftigen Malaria-Erkrankungen Anlaß giebt. Wie gefährlich infizirter Luftstaub sein kann, geht auch aus Versuchen von *G. Cornet* hervor. Derselbe hat nachgewiesen, daß die im Auswurfe Schwindsüchtiger enthaltenen Bacillen die übertragbaren Erreger der Krankheit sind, und sobald sie durch Einathmungsluft in die Lungen gelangen, bei vorhandener Disposition (schlecht gepflegter, schwächerer Lunge) sich langsam vermehren und allmählich das Lungengewebe zerstören. Spucken die Kranken auf den Fußboden oder in's Taschentuch, verunreinigen auch wohl die Bettwäsche, so gehen nach dem Eintrocknen des Auswurfs die ansteckenden Tuberkelbacillen mit dem Staub in die Luft, auf die Möbel, Kleider, an die Zimmerwände, und es ist Gefahr weiterer Ansteckung vorhanden. Um der Verbreitung dieser verheerenden Krankheit, an der mehr als ein Siebentel der Menschen zu Grunde gehen, vorzubeugen, ist daher vor Allem erforderlich, daß man den Kranken veranlasse, sich ausschließlich des Spuck-

---

<sup>1)</sup> Wohnungen, die abwechselnd feucht und trocken werden, sind bekanntlich auch der Gesundheit viel nachtheiliger, als Häuser, die ständig trocken bleiben.

<sup>2)</sup> Um den Austritt der Infektionskeime zu verhindern, ist es rathsam, beim Bauen eines Hauses die Keller mit einer dichten Lehmschichte oder aber mit Asphalt, Beton bedecken zu lassen.

napfes oder eines Handfläschchens zu bedienen, deren Inhalt durch Wasser unausgesetzt feucht gehalten werden muß<sup>1)</sup>.

Nachdem wir nun alle Faktoren kennen gelernt haben, auf welche bei der hygienischen Untersuchung eines Bodens Rücksicht genommen werden muß, und uns bekannt ist, daß nicht nur die Beschaffenheit des Bodens, sondern auch die Witterungsverhältnisse (Temperatur, Menge und Vertheilung der Niederschläge) auf die normale Entwicklung und Vermehrung sowohl der unschädlichen als der pathogenen Spaltpilze von größtem Einfluß sind, ist es leicht begreiflich, daß der Ausbruch einer durch Bodenpilze veranlaßten Epidemie nicht erfolgen kann, wenn auch nur eine wesentliche Bedingung fehlt. Nicht jeder Boden ist daher zur Entwicklung der pathogenen Spaltpilze geeignet; es giebt sowohl bei uns, wie in anderen Ländern Orte oder Distrikte, in welchen durch Bodenpilze veranlaßte Epidemien immer wieder leicht und häufig auftreten, aber auch solche, die dafür unempfindlich (sichfrei oder immun) sind. In den verschiedenen Bodenarten sind die Nährstoffe und physikalischen Bedingungen zum Gedeihen und zur Vermehrung der zahlreichen Spaltpilzarten in sehr verschiedenem Maße vorhanden. Gelangen Keime derselben auf einen Boden, der Alles gewährt, was sie bedürfen, so werden sie sich in kürzester Zeit massenhaft entwickeln; sagen die Bodenverhältnisse ihnen nur theilweise oder gar nicht zu, so werden sie abgeschwächt, verkümmern und verlieren ihre Gefährlichkeit, oder sie gedeihen in dem betreffenden Boden gar nicht. Je nach den Ansprüchen der Spaltpilze muß die Vertheilung derselben in den verschiedenen Bodenarten sehr ungleich sein. Es kann vorkommen, daß in einem Boden alle Bedingungen für die normale Entwicklung der genügsameren harmlosen saprophytischen Pilze vorhanden sind, während er für die anspruchsvolleren pathogenen Infektionsstoffe nicht geeignet ist.

Ein Boden ist immun, wenn er keine organischen Stoffe enthält, wenn er dauernd naß oder — wie in der Wüste — nahezu stets trocken bleibt. Aber selbst ein mäßig feuchter Boden, in welchem die Erdtheilchen nicht mehr von tropfbarflüssigem Wasser umgeben sind, und Grundwasser fehlt oder erst in großer Tiefe auftritt, ist für die Entwicklung pathogener

<sup>1)</sup> Die Uebertragung der Tuberkelbacillen kann auch durch den Genuß ungekochter Milch perlstüchtiger Kühe geschehen. — Kurz vor Drucklegung dieser Arbeit wurde Koch's epochemachende Heilmethode gegen Tuberkulose bekannt.

Spaltpilze nicht geeignet und kann als „siechfrei“ (immun) bezeichnet werden, insbesondere wenn er nicht mit thierischen, sondern nur mit Pflanzenresten verunreinigt ist, wie es bei entwässertem Moor- und Torfboden oder bei Waldboden der Fall ist. In solchen Bodenarten können sich nur Schimmelpilze und saprophytische Spaltpilze ungehindert vermehren. Je geringer die Entfernung des Grundwasserspiegels von der Erdoberfläche ist, je geringer häufige Grundwasserschwankungen vorkommen, je stärker der Boden mit thierischen Stoffen (Fäkalien, Urin, thierischen Abfallstoffen) verunreinigt ist, um so günstiger sind bei hinreichender Temperatur die Bedingungen für die Entwicklung der Krankheitskeime, um so größer ist die Gefahr, daß Infektionsstoffe, die durch den menschlichen Verkehr in den Boden gelangten, sich in kurzer Zeit massenhaft vermehren und Bodenpilz-Epidemien veranlassen. Mit dem Fallen des Grundwassers ist dann in der Regel eine Zunahme, mit dem Steigen desselben eine Abnahme der Krankheit verbunden. Da kiesiger und sandiger Boden durch schlecht gemauerte Aborte, durch Senk- und Versitzgruben, durch Düngerhaufen, Abfälle von Metzgereien und Gerbereien leichter verunreinigt wird, als schwer durchlässiger, thon- und lehmreicher Boden oder als Boden mit felsiger Unterlage, so sind Häuser und Ortschaften auf lehmigem Boden oder auf felsigem Grund erbaut, der Gesundheit weit zuträglicher, als solche, die auf sandigem oder kiesigem Boden stehen. Dazu kommt, daß in lehmreichem Boden der Uebertritt der Spaltpilze in die Luft viel schwieriger stattfindet als in lockerem, porösem Material.

Die Lebensbedingungen für die Spaltpilze werden auch um so ungünstiger, je tiefer sie in den Boden eindringen, indem mit zunehmender Tiefe das organische Nährmaterial (der Humusgehalt), die Temperatur und der Sauerstoffgehalt der Bodenluft sich vermindern, während der Kohlensäuregehalt zunimmt. So erklärt es sich, warum nur die oberen Schichten des Bodens große Mengen verschiedener Bakterienarten enthalten, die tieferen Schichten aber bakterienarm sind. Im unbearbeiteten Zustande ist der Boden in der Regel schon in 1 m Tiefe frei davon. Man darf daher auch die krankheitserregenden Bakterien nur in den oberflächlichen Erdschichten oder in mäßiger Tiefe suchen. Spaltpilze, die sich in den tieferen Lagen eines verunreinigten Bodens bilden, werden nach *Soyka's* experimentellen Untersuchungen durch das kapillare, von unten aufsteigende Wasser nach oben transportirt und gehen mit

den anderen Bodenpilzen in die Luft über, sobald die oberen Schichten austrocknen, und durch den Wind Staub gebildet wird.

Die prophylaktischen Maßnahmen, welche man anzuwenden hat, um siechhaften Boden unschädlich (immun) zu machen, ergeben sich nach diesen Erörterungen von selbst. Hinreichende Tieferlegung des Grundwassers durch gründliche Entwässerung des Bodens und der Häuser mittelst Drainage oder Kanalisation, Reinhaltung des Bodens durch Entfernung aller Versitzgruben, geordnete Reinigung der Aborte, Beseitigung aller thierischen Abfälle und sonstigen Unrathes des menschlichen Haushaltes, Reinlichkeit im Hause und dessen nächster Umgebung, trockene, sonnige Wohnungen, gute Luft (Ventilation), reichliche Zufuhr von reinem Trink- und Nutzwasser genügen vollständig, um Orte mit der Zeit unempfindlich für Bodenkrankheiten zu machen.

Das Trinkwasser kann als Verbreiter von Infektionsstoffen nur dann eine Rolle spielen, wenn es durch Fäkalien oder andere thierische Stoffe verunreinigt ist, die einen geeigneten Nährboden für Krankheitserreger bilden. Prof. *J. Uffelmann* hat kürzlich nachgewiesen, daß Typhusbacillen sehr lange, jedenfalls Monate lang in faulenden Fäkalmassen lebensfähig bleiben. Daraus folgt, daß man die Exkremente Typhuskranker unter allen Umständen mit einem wirksamen Desinfektionsmittel versehen muß, bevor man dieselben irgendwo unterbringen darf. Zumal ist davor zu warnen, die nicht desinfizierten Abgänge auf den Düngerhaufen oder in Versitzgruben zu entleeren. Durch den Regen oder durch porösen Boden dringen die vorhandenen Typhuskeime in das Erdreich ein, gelangen sehr leicht in benachbarte Brunnen, und es kann durch den Genuß des infizierten Wassers der Abdominaltyphus fortdauernd verbreitet oder unterhalten werden. Eine gleiche Gefahr liegt für die Cholerainfektion nicht vor, denn Cholera-bacillen (Kommabacillen) gehören zu den empfindlichsten Bacillen, welche wir kennen, sind den Typhusbacillen gegenüber von weit geringerer Widerstandsfähigkeit, bleiben oft nur einen Tag, höchstens 4 Tage lebensfähig, wenn sie in Fäkalmassen der Abortgruben sich befinden — ein Beweis, daß sie im Kampf mit den Fäulnißbacillen von letzteren viel leichter unterdrückt werden<sup>1)</sup>. Auch bei mangelnder Feuchtigkeit und durch Desinfektionsmittel, z. B. durch  $\frac{1}{2}$ prozentige Karbol-

<sup>1)</sup> Prof. *J. Forster* in Amsterdam hat kürzlich konstatiert, daß die Cholera-bacillen schon innerhalb weniger Stunden nach dem Bedecken mit sterilisiertem

säure sterben sie sehr rasch ab. Trotzdem kann das Ausgießen des frischen, nicht desinfizierten Cholerastuhles gefährlich werden, wenn den Fäkalien Gelegenheit gegeben ist, Wasserläufe oder Trinkwasser zu verunreinigen, weil sich die Cholerabacillen kurze Zeit (nach Dr. K. Kraus etwa 24 Stunden) im Wasser lebensfähig erhalten können und, mit dem infizierten Wasser in den Darmkanal gelangt, die Cholera bewirken können<sup>1)</sup>. Aus diesem verschiedenen Verhalten der Bacillen folgt, daß Cholera durch Trinkwasser jedenfalls viel schwieriger verbreitet wird als Typhus, bei welchem unter oben erwähnten Verhältnissen die Möglichkeit einer Ansteckung durch schlechtes, mit Typhusbacillen verunreinigtes Wasser nicht in Abrede gestellt werden kann. — In der That ist es schon in einzelnen speziellen Fällen gelungen, die Gegenwart von Typhusbacillen im Wasser zu konstatiren. Allerdings haben experimentelle Untersuchungen von *Emmerich* und *Kraus* in München gelehrt, daß nicht nur Cholera-, sondern auch Typhus- und Milzbrandbacillen im natürlichen, nicht sterilisirten Brunnen- oder Flußwasser bald zu Grunde gehen, weil sie hier zu schlechte Nahrung finden, mit den sonst vorhandenen harmlosen Wasserbakterien den Kampf um's Dasein nicht bestehen können und von diesen in kurzer Zeit verdrängt werden. *v. Pettenkofer* glaubt daher bestimmt, daß Cholera- und Typhusbacillen, selbst wenn sie in ein Flußwasser gelangen, flußabwärts nicht lange lebendig oder infektiösfähig bleiben, und wenn sie auch irgendwo anlangen, doch keine Infektion von Menschen zu befürchten sei, weil nach seinen Erfahrungen die pathogenen Bakterien bei einem gewissen Grade der Verdünnung ihre Wirkung verlieren.

Wie leicht pathogene Pilze durch Fäulnißbakterien getödtet werden können, geht aus Versuchen von *E. v. Esmarck* hervor, wodurch nachgewiesen ist, daß die Weiterentwicklung der meisten pathogenen Mikroorganismen bald nach dem Tode der Menschen und Thiere aufhört, und daß sie um so schneller zu Grunde gehen, je rascher die Leichen in Fäulniß übertreten. Beispielsweise wurden lebende Milzbrandbacillen am 18. Tage nach dem Tode nur einmal vorgefunden; aus Kadavern, welche

---

Kochsalz zu Grunde gehen, dagegen Typhus- und Tuberkelbacillen unter diesen Verhältnissen Wochen, ja Monate lang am Leben bleiben.

<sup>1)</sup> Naturw. Wochenschrift. 1890. S. 87.

in Wasser gelegen hatten, waren sie bereits am 5. Tage verschwunden. *Esmarch* zieht aus seinen Erfahrungen die Folgerung, daß ein Vergraben der Thiere, welche einer Infektionskrankheit erlegen sind, als ein gutes Mittel zu erachten sei, um eine weitere Infektion von dem Kadaver aus zu verhindern. Daher sei auch weder in der Luft noch im Abwasser von Friedhöfen eine Gefahr der Weiterentwicklung von Infektionskrankheiten gegeben<sup>1)</sup>.

Neuerdings wurde durch Dr. *Ogier* und *Graucher* in Paris experimentell nachgewiesen, daß selbst mehrere (3) Meter mächtige sterilisirte Erdschichten nicht im Stande sind, pathogene Bakterien (Typhus-, Cholera-bacillen etc.), welche man im Wasser suspendirt auf deren Oberfläche bringt, vollständig zurückzuhalten, und Professor *Fraenkel* in Königsberg hat im Verein mit dem städtischen Wasser-Ingenieur *Piefke* in Berlin durch eine Reihe von Versuchen konstatirt, daß sogar die besten Sandfilter, wie man sie für die Filtration des Trinkwassers großer Städte verwendet, beim Beginn des Betriebes einen großen Theil der Bakterien durchlassen; erst wenn sich auf dem Sande aus den Resten zerfallener Algen, Bakterien, Diatomeen etc. eine dünne Schleimhaut gebildet hat, wird das Filter für Bakterien nahezu undurchgängig<sup>2)</sup>.

#### b. Verhalten des Waldbodens gegen Mikroorganismen.

Nachdem wir mit den wichtigsten Lebensbedingungen der Spaltpilze bekannt sind und wissen, unter welchen Verhältnissen eine reichliche Entwicklung und Vermehrung derselben im Boden stattfindet, liegt es nahe, auch den Waldboden auf seine Empfänglichkeit zu prüfen und festzustellen, ob er namentlich den Ansprüchen der pathogenen Bakterien zu genügen vermag. Die von mir in den letzten Jahren durchgeführten umfassenden Untersuchungen des Waldbodens dürften dazu hinreichendes Material liefern.

Es kann nach unseren bisherigen Darlegungen keinem Zweifel unterliegen, daß alle anspruchsvolleren Spaltpilze, wozu die pathogenen Bakterien gerechnet werden müssen, im Walde viel ungünstigere Lebensbedingungen vorfinden, als im gedüngten Acker- und Gartenboden oder

<sup>1)</sup> Naturwiss. Wochenschrift. 1890. S. 75.

<sup>2)</sup> Zeitschrift der Hygiene. 1890.



in mit Fäkalien und Urin, thierischen Abfallstoffen der verschiedensten Art verunreinigtem Boden vieler Städte und Dörfer. Für's Erste bilden schon die an Stickstoff, Phosphorsäure und Kali armen vegetabilischen Reste im Waldboden ein viel schlechteres Nährmaterial, als die von thierischen Stoffen abstammenden organischen Bestandtheile des Acker- und Gartenbodens und des verunreinigten Bodens der Städte und Dörfer. Anhäufungen von menschlichen Exkrementen, von Dünger, thierischen Abfallstoffen in der Nähe von Wohnungen gefährden deshalb die Gesundheit weit mehr als Anhäufungen vegetabilischer Stoffe, abgesehen davon, daß die neutrale oder schwach alkalische Reaktion der aus thierischen Resten erzeugten Zersetzungsprodukte den meisten Spaltpilzen, insbesondere den pathogenen Bakterien, auch weit mehr entspricht als die saure Beschaffenheit vieler Waldböden und der Torfböden, indem, wie bereits erwähnt, schon geringe Mengen freier Säuren die Entwicklung vieler Spaltpilze hindern. In der That haben saure Torf- und Moorede nach den Untersuchungen von *Haffky*<sup>1)</sup>, *Reinl*<sup>2)</sup>, *A. Rencki*<sup>3)</sup> und *Soyka*<sup>4)</sup> die Eigenschaft, die Krankheit erregenden Bakterien zwar nicht zu tödten, aber in ihrer Entwicklung zu hemmen.

In einer größeren Arbeit habe ich unlängst nachgewiesen, daß ein normaler, gut gepflegter Wald je nach der Transpirationsgröße und dem Bewurzelungsvermögen der Holzarten und nach der Bestandesdichte zum Austrocknen der im Bereiche der Wurzeln liegenden Bodenschichten mehr oder weniger beiträgt, nicht nur weil die Wurzeln das Erdreich durchdringen und dem überschüssigen Wasser Abfluß nach der Tiefe verschaffen, sondern weil dem Boden auch durch den großen Wasserverbrauch der Bäume kolossale Mengen von Wasser entzogen werden, und das dicht geschlossene Kronendach ähnlich wie ein Schirm einen großen Theil der Niederschläge zurückhält. Unter günstigen Umständen kann die drainirende Wirkung des Waldes so groß sein, daß nasser Boden entsumpft und der Grundwasserspiegel tiefer gelegt wird. In Deutschland ist die entsumpfende Wirkung der Fichten (*Abies excelsa*) längst bekannt, und in Frankreich wurde schon mehrfach beobachtet, daß Föhrenwälder (*Pin. sylv.*) versumpften Boden trocken

---

1) Archiv für klinische Chirurgie. Bd. 28 (1882).

2) Prager Medicinische Wochenschrift. 1885. Nr. 10.

3) Jubeldenschrift für Prof. *Hoyer*. Warschau. 1885.

4) Prager Medicinische Wochenschrift. 1886. Nr. 26 bis 29.

legen. Trotzdem die Nadelhölzer ein viel geringeres Transpirationsvermögen besitzen, als die Laubhölzer, erhalten sie doch wegen ihres dichten Kronenschirmes und der büschelförmigen Stellung der immergrünen Nadeln den Boden in der Wurzelregion trockener als die letzteren. Ein mit Rothbuchen beplanter Boden giebt namentlich im Winter und Frühjahr beträchtlich mehr Wasser in größere Tiefen ab als ein Fichtenwald, weil die Buchen zu Folge ihrer Bewurzelungsweise den Boden lockerer und poröser (durchlässiger) machen und im Winter durch ihr blattloses Kronendach mehr Niederschläge auf den Boden gelangen lassen als die dicht stehenden, gut geschlossenen Fichten<sup>1)</sup>. Mit der Meereshöhe nimmt die mittlere Temperatur und die Vegetationsdauer ab; in Folge dessen vermindert sich im Gebirge mit zunehmender Höhenlage die Transpiration, der Wasserverbrauch und das Produktionsvermögen der Bäume; gleichzeitig wird der Bestandesschluß immer unvollkommener, das Verdunstungsvermögen des Bodens geringer, während die Niederschlagsmengen sich vermehren. Diese Umstände bewirken, daß die drainirende Wirkung des Waldes in höheren Gebirgslagen eine weit geringere ist als im Flachlande, und daß die Bodenfeuchtigkeit und Sickerwassermengen mit der Höhe zunehmen. Ueber die entwässernde Wirkung des Waldes in heißen Ländern liegen noch keine Untersuchungen vor; vermuthlich ist dieselbe aber geringer als bei uns, denn die dortigen Bäume mit ihren meist glatten lederartigen Blättern und stark cuticularisirter, wachsreicher Epidermis — wie der Gummibaum, gem. Lorbeer, Zimmtbaum, Kampherbaum u. a. — besitzen ein geringes Transpirationsvermögen und sind dadurch im Stande, in trockenen Klimaten auszuhalten.

Der mäßige Feuchtigkeitsgrad unserer meisten Waldböden in der Wurzelregion, die durch den Kronenschluß bewirkte schwächere und seltenere Benetzung der Bodenoberfläche, die geringeren Schwankungen der Bodenfeuchtigkeit, der weniger schroffe Wechsel von Nässe und Trockenheit in den oberen Regionen, die durch freie Humussäuren veranlaßte saure Beschaffenheit und schwere Zersetzbarkeit des sog. Rohhumus, die schon erwähnte relative Armuth des Waldhumus an Nährstoffen, die beträchtlich niedrigere Temperatur des beschatteten Waldbodens, zumal der

<sup>1)</sup> Vergl. meine Untersuchungen über den Einfluß des Waldes und der Bestandesdichte auf die Bodenfeuchtigkeit in dieser Zeitschrift. Jahrg. 1889.

oberen Bodenschichten im Sommer — sind Eigenschaften, welche dem Waldboden sein charakteristisches Gepräge ertheilen, und welche den Schimmelpilzen und saprophytischen Spaltpilzen weit mehr zusagen, als den anspruchsvolleren und weniger widerstandsfähigen pathogenen Mikroben. In der That nimmt im Waldhumus die Schimmelbildung so überhand, daß sich derselbe unter dem Mikroskope als ein Aggregat von Pflanzenresten in verschiedenen Stadien der Humifizierung erweist, das nach allen Richtungen von zahllosen Schimmelfäden durchsetzt ist. In ähnlicher Weise sind Moor- und Torferde sehr reich an Schimmelpilzbildungen. Ganz entgegengesetzte Eigenschaften besitzt der gedüngte Acker- und Gartenboden oder der mit thierischen Auswurfstoffen stark verunreinigte Boden der Städte und Dörfer. Die durch direkte Sonnenbestrahlung bedingte hohe Temperatur der oberen Bodenschichten, die leicht zersetzbaren, nährstoffreichen organischen Verunreinigungsstoffe, die neutrale oder (durch reichliche Ammoniakbildung veranlaßte) schwach alkalische Reaktion dieser Bodenarten, die größere chemische Thätigkeit derselben, der durch die Bearbeitung erzielte bessere Lockerheitsgrad und der damit in Verbindung stehende lebhaftere Luftwechsel im Boden, der durch reichlichere direkte Wasserzufuhr und schnelleres Austrocknen der oberen Bodenschichten veranlaßte häufige Wechsel von Feuchtigkeit und Trockenheit, die stärkere Luftbewegung und leichte Staubbildung auf unbewaldetem Terrain, — sind Eigenschaften, welche nicht nur die Entwicklung und Vermehrung der anspruchsvolleren Spaltpilze sehr begünstigen, sondern auch den Uebergang derselben in die Luft ungemein erleichtern<sup>1)</sup>. Selbst wenn im Waldboden schädliche Pilze vorhanden wären, würde der Uebergang derselben in die Luft sehr erschwert oder ganz verhindert sein, weil die Luftbewegung im Walde viel geringer ist als auf freiem Felde, und durch die Beschattung und den Schutz der leblosen Bodendecke das Austrocknen der oberen Erdschichten sehr erschwert ist, aus feuchtem Medium aber Bakterien niemals in die Luft übertreten können. Sollten aber auch zeit- und stellenweise die oberen Bodenschichten trocken werden, so verhindert die Laub- und Moosdecke,

<sup>1)</sup> Vergl. meine Untersuchungen „über die Bedeutung des Humus als Bodenbestandtheil und über den Einfluß des Waldes, verschiedener Bodenarten und Bodendecken auf die Zusammensetzung der Bodenluft“ in den „Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik“. XII. Bd. (1890.) S. 15 ff.

eventuell auch die Grasnarbe das Aufwirbeln und Fortwehen des Staubes, die Bakterien kleben an den miteingetrockneten Humustheilchen so fest an, wie die Fliegen an einer Leimstange und können durch den schwachen Wind im Walde nicht fortgeführt werden. Schon aus diesem Grunde muß die Luft im Walde viel staubfreier und pilzärmer sein als die Stadt- und Landluft, abgesehen davon, daß nach den Untersuchungen von *Serafini* das Kronendach eines geschlossenen Waldes wie ein Filtrum wirkt und einen großen Theil der durch die Winde von außen zugeführten Staubtheilchen und Bakterien zurückhält.

Alle diese besonderen Eigenthümlichkeiten des Waldbodens sprechen dafür, daß die anspruchsvolleren Spaltpilze im Walde viel ungünstigere Lebensbedingungen vorfinden, als im gedüngten Acker- und Gartenboden oder in dem mit thierischen Abfall- und Auswurfstoffen verunreinigten Boden der Städte und Dörfer. Mit dem Dünger und den Fäkalien der Menschen gelangen viele Bakterien in den Boden; schon aus diesem Grunde muß nicht nur die Zahl, sondern auch die Art der Spaltpilze in den letzteren Bodenarten eine viel größere sein als im Waldboden, was durch direkte Untersuchungen bestätigt ist. *L. Adametz* fand in einem Gramm Erde von der Oberfläche eines Sandbodens 380000, eines Lehmbodens 500000 Bakterien<sup>1)</sup>. Aehnliche Erfahrungen sind in neuerer Zeit noch in verschiedenen anderen Bodenarten gemacht worden. Viel bakterienreicher als der Ackerboden ist das Kanal- und Spülwasser der Städte; es steigt hier die Zahl derselben in 1 ccm auf 2—5 Millionen und darüber<sup>2)</sup>. Das vortreffliche Leitungswasser in München aus dem

<sup>1)</sup> „Die niederen Pilze der Ackerkrume“. Inaugural-Dissertation. Leipzig. 1886. Vergl. auch *Koch*: „Mittheilungen aus dem kaiserl. Gesundheitsamte“. I. Bd. S. 1 ff.

<sup>2)</sup> Um sich diese enormen Zahlen erklären zu können, muß daran erinnert werden, daß die Spaltpilze die kleinsten Geschöpfe der Erde sind und nur unter dem Mikroskope bei starker Vergrößerung sichtbar werden. Sie bestehen im ausgebildeten Zustande nur aus einer protoplasmareichen Zelle, deren Durchmesser kaum  $\frac{1}{500}$  mm beträgt. Daraus berechnete *v. Naegeli*, daß 30000 Millionen Individuen im lufttrockenen Zustande kaum 1 Milligramm wiegen. Es können daher in einem Liter Wasser viele Millionen Bakterien sein, ohne daß dieses die geringste Trübung zeigt. Unter günstigen Umständen ist ihre Vermehrung eine so kolossale, daß eine Bakterienzelle durch Spaltung (Quertheilung) nach 24 Stunden schon nahezu zu 17 Millionen angewachsen sein kann. Nach den Formen, welche sie besitzen, unterscheidet man: Kugelbakterien oder Mikrokokken, Stäbchenbakterien oder Bacillen und Schraubenbakterien oder Spirillen.

Mangfall-Thale enthielt nach Dr. *Leone* in 1 ccm nur 5 „Kolonieen“ von Keimen. Blieb es luftdicht verschlossen im Zimmer stehen, so enthielt es nach 2 Tagen 10500, nach 3 Tagen 67000 und nach 4 Tagen 315000 Kolonieen.

Herr Professor *Emmerich* in München hatte die Güte, im vergangenen Jahre auf meine Veranlassung zehn verschiedene Humussorten aus Fichten- und Buchenwäldern des bayerischen Gebirges (Starnberger- und Walchensee) zu untersuchen, die pro ccm nur zwischen 170000 und 190000 Bakterien enthielten, dafür aber außerordentlich reich an Schimmelpilzen waren. Die Bakterien gehörten im Wesentlichen nur 3 verschiedenen Arten an, welche theils die Gelatine verflüssigen, theils festwachsende (nicht verflüssigende) Kolonieen bilden. Die erste Kolonieform ist bei schwacher Vergrößerung durch den peripherischen Kranz feinsten, radiär gestellter Fäserchen (Härchenkranzform) charakterisirt, oder sie ist dem in den oberen Schichten der Garten- und Ackererde häufig vorkommenden Wurzelbacillus ähnlich und stellt ein vielfach verschlungenes und verflochtenes Netz von wurzelähnlichen Fäden dar. Die festwachsenden Bakterien bilden vorherrschend eine große, gelappte Oberflächenkolonie und gehören einer Proteusart an; oft findet sich unter den fest erwachsenden, gelappte Kolonieen bildenden Bacillen eine grüne Fluoreszenz erzeugende Art, oder es ist eine auch im städtischen Boden sehr verbreitete Bakterienart reichlich vertreten, welche durch Hirnwindung ähnliche Kolonieen charakterisirt ist.

Durch diese Untersuchungen ist der Nachweis geliefert, daß im Waldboden neben Schimmelpilzen auch saprophytische Spaltpilze in größerer oder geringerer Menge vorkommen. Während aber bis jetzt im Waldboden noch keine pathogenen Bakterien nachgewiesen werden konnten, finden sich in jedem mit thierischen Stoffen gedüngten oder verunreinigten Boden in der Regel auch pathogene Bakterien, deren Gegenwart sich dadurch zu erkennen giebt, daß durch Einimpfung kleiner Mengen solcher Erde oder eines wässerigen Auszuges derselben bei Thieren (Meerschweinchen, Kaninchen, Mäusen) je nach den spezifischen Keimen gewisse Gesundheitsstörungen und schließlich der Tod veranlaßt wird. Zu den pathogenen Bakterien, welche in den oberen Schichten gedüngter Acker- oder Gartenerde fast immer vorkommen, gehört in erster Linie der *Bacillus oedematis maligni* (*Vibrion septique*), ein die Gelatine ver-

flüssiger, anaërober Bacillus, der in den verschiedensten in Zersetzung begriffenen faulenden Stoffen, im Schmutzwasser, faulendem Blute sich konstant vorfindet und wahrscheinlich mit dem Dünger in den Boden gelangt. Bringt man von solcher Gartenerde etwa eine Messerspitze voll einem Meerschweinchen oder Kaninchen in eine Tasche der Bauchhaut, so geht dasselbe regelmäßig in 24—48 Stunden zu Grunde; es treten Symptome ein, die an eine Jauchenvergiftung des Blutes erinnern. Neuerdings hat man beobachtet, daß auch beim Menschen der Tod in wenigen Tagen einzutreten pflegt, wenn bei schweren, offenen Knochenbrüchen und tiefen Wunden Bacillen des malignen Oedems in die verletzten Stellen gekommen sind.

Im Jahre 1885 fand *Nicolaier*, ein Schüler des Prof. *Flügge*, in den oberen Schichten des verunreinigten Bodens in Göttingen eine bacillenhaltige Erde, welche bei Mäusen, Meerschweinchen und Kaninchen, unter die Haut gebracht, jedesmal den typischen Starrkrampf (Tetanus) mit tödtlichem Ausgange bewirken. Der Göttinger Chirurg *Rosenbach* zeigte ein Jahr später (1886), daß sich diese Tetanusbacillen auch bei Menschen, welche vom Wundstarrkrampfe befallen sind, in dem Gewebe, wo die Ansteckung ihren Anfang nahm, vorfinden. Ein Japanese, Dr. *Kitasato* aus Tokio, hat im hygienischen Institut zu Berlin den Tetanusbacillus aus dem Wundsekret eines am Starrkrampf gestorbenen Soldaten isolirt und durch Züchtung desselben gefunden, daß er mit dem Heubacillus viel Aehnlichkeit hat. Die tödtliche Wirkung desselben beruht darauf, daß er im Blute ein Gift, das Tetanin erzeugt, welches von Prof. *Briegel* in Berlin aus einem amputirten Arm ausgezogen wurde und nach dem Einimpfen bei Versuchsthiere Wundstarrkrämpfe hervorbrachte.

*Socié* in Basel hat Tetanusbacillen ebenfalls im Acker- und Gartenboden in großer Verbreitung gefunden, während sie im Waldboden und in anderen, mit thierischen Stoffen nicht verunreinigten Böden fehlten. In gedüngter Ackererde fand *Nicolaier* auch den Bacillus *septicus agrigenus*, der mit den Bacillen der Hühnercholera viel Aehnlichkeit hat und nach Einimpfung bei Mäusen, Kaninchen den Tod schon nach 24—36 Stunden hervorbringt<sup>1)</sup>. Schon diese Beobachtungen und Er-

<sup>1)</sup> *Eisenberg*, Bakteriologische Diagnostik. Hamburg und Leipzig. Leopold Voß. 1888.

fahrungen berechtigen uns zu der Annahme, daß nur ein mit thierischen Stoffen verunreinigter feuchter Boden für pathogene Bakterien empfänglich ist. Weitere Belege für die charakteristische Eigenschaft des Waldbodens, die Lebensthätigkeit und Entwicklung gewisser Bakterienarten zu hemmen, liefern die vergleichenden Versuche, welche ich in den letzten Jahren über die chemische Thätigkeit und über den Gehalt der Acker- und Waldböden an salpetersauren Salzen angestellt habe.

Durch eine Reihe von Untersuchungen ist bekanntlich nachgewiesen worden, daß nicht nur die Verwesung und Fäulniß der organischen Stoffe, sondern auch die Bildung salpetersaurer Salze im Boden ein Werk der Lebensthätigkeit gewisser Mikroorganismen ist. Sobald im Boden die Bedingungen für die Ernährung dieser kleinsten Lebewesen erfüllt sind, wird bei zunehmender Wärme und Feuchtigkeit das Wachstum und die Vermehrung derselben begünstigt, was eine beschleunigte Zersetzung der organischen Stoffe und, in innigem Zusammenhange damit, eine Vermehrung der Kohlensäureproduktion und eine erhöhte Bodenthätigkeit zur Folge hat. Die Verwesung, Vermoderung und Humusbildung im Boden, das sogenannte Faulen von Holz, Obst etc. wird vorwiegend durch Schimmelpilze veranlaßt, die ein ganz außerordentliches Vermögen haben, Oxydationen herbeizuführen<sup>1)</sup>. Durch umfassende Untersuchungen wurde von mir kürzlich nachgewiesen, daß im geschlossenen schattigen Walde unter sonst gleichen Verhältnissen die organischen Stoffe langsamer verwesen und weniger Kohlensäure erzeugen als im wärmeren Ackerboden. Die Differenzen sind um so größer, je dichter die Bäume stehen, je kälter in Folge dessen der Boden ist, je mehr Niederschläge vom dichten Kronendach zurückgehalten werden und je seltener und schwächer die Bodenoberfläche benetzt wird. Die dicht geschlossenen Fichten verzögern die Verwesung mehr als die Buchen<sup>2)</sup>. Durch diese Beobachtungen ist außer Zweifel gestellt, daß die vegetabilischen Stoffe für die Schimmelpilze einen günstigeren Nährboden bilden als für die Spaltpilze, daß die Lebensthätigkeit der Verwesungspilze im Walde

<sup>1)</sup> *Naegeli* verschloß nicht hermetisch mehrere Brodlaibe in eine Blechkiste. Nach 1½ Jahren war das Brod trotz des geringen Luftzutrittes bis auf eine geringe Schimmelmasse verschwunden; für 100 g Brod war 17 g lufttrockene Schimmelmasse vorhanden und von Stärkemehl keine Spur mehr zu finden.

<sup>2)</sup> Vergl. „Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik“. XIII. Bd. (1890). S. 15 ff.

eine geringere ist als im Ackerboden und daß im Fichtenwalde die Lebensfunktionen der Mikroorganismen sich wieder langsamer gestalten als im Buchenwalde. Ferner haben ich und mein Assistent, Privatdozent Dr. *Baumann*, durch eine große Anzahl von Versuchen gezeigt<sup>1)</sup>, daß im Waldboden keine oder nur geringe Spuren von salpetersauren Salzen vorkommen, während gedüngte Acker- und Gartenböden von diesem wichtigen stickstoffhaltigen Pflanzennährmittel verhältnißmäßig große Mengen enthalten. Selbst die Quellen und Bäche, welche ihren Ursprung in bewaldeten Gebirgen haben, und auf ihrem Laufe kein verunreinigtes Wasser zugeführt erhalten, sind nach meinen Beobachtungen frei von Nitraten. In gleicher Weise konnte in den oberbayerischen Torfmooren und im Moorwasser keine Salpetersäure nachgewiesen werden. Die Zersetzung der stickstoffhaltigen Pflanzenbestandtheile (Eiweißstoffe) scheint unter diesen Verhältnissen mit der Ammoniakbildung beendet zu sein. Daraus folgt, daß sowohl der Waldboden als auch der Torfboden den Salpetersäure erzeugenden Mikroorganismen keinen passenden Wohnort bieten, daß nur die stickstoffreichen thierischen Stoffe bei Gegenwart von Wärme, hinreichender Feuchtigkeit, Luftzutritt und alkalischen Basen das Material zur Bildung der salpetersauren Salze in der Natur liefern<sup>2)</sup>. Die städtische Spüljauche enthält salpeterbildende Mikroorganismen in so reichlicher Menge, daß Brunnenwässer, welche damit verunreinigt sind, Zusätze von Ammoniak durch Oxydation sehr rasch in Salpetersäure umwandeln<sup>3)</sup>.

Durch den Umstand, daß kohlensaurer Kalk die den niederen Organismen schädliche saure Reaktion des Waldhumus aufhebt, wirkt er fördernd auf die Zersetzung der organischen Stoffe und begünstigt auch die Bildung von Nitraten. Aus diesem Grunde sind kalkreiche humushaltige Waldböden, besonders an lichten Stellen, wo die Sonne freien Zutritt hat, etwas reicher an Salpetersäure als kalkfreie Böden in geschlossenen Beständen. Wie sehr Wärme und Feuchtigkeit die Lebensfähigkeit der nitrificirenden Organismen fördert, ergibt sich aus der

1) „Berichte der Deutschen botan. Gesellschaft“. 6. Bd. (1888). S. 217 und „Landwirthschaftl. Versuchsstationen“. 35. Bd. (1888). S. 253.

2) *M. S. Minogradsky* hat in jüngster Zeit im hygienischen Institut in Zürich einen salpeterbildenden Spaltpilz gezüchtet.

3) *Alex. Müller*, Landw. Versuchsstationen. 6. Bd. S. 241; 23. Bd. S. 13.



von mir in jüngster Zeit beobachteten Erscheinung, daß im Innern größerer alter Streuhaufen mehr Nitrate enthalten sind als unter normalen Verhältnissen in der Bodendecke des Waldes.

Alle diese Beobachtungen führen zu dem Resultate, daß im Waldboden in gleicher Weise wie im Torf- und Moorboden die Lebensthätigkeit der Spaltpilze eine viel geringere ist als im Ackerboden, und daß die anspruchsvolleren Bakterien in letzterem weit günstigere Bedingungen zur Entwicklung und Vermehrung vorfinden als im Walde. Es dürfte daher gewiß gerechtfertigt sein, vom hygienischen Standpunkte aus den Waldboden als reinen (siechfreien) Boden zu bezeichnen. Wo aber reiner Boden sich findet, da ist auch reine Luft und reines Wasser vorhanden.

Daraus ergibt sich auch der Werth größerer Baumpflanzungen in Städten. Derselbe besteht, wie nachgewiesen wurde, keineswegs in einer durch die Funktionen der Blätter direkt reinigenden Wirkung der Luft, sondern ist darin zu suchen, daß die Bäume mit ihren Wurzeln den Boden selbst in größerer Tiefe bis zu einem gewissen Grade entwässern, denselben im Sommer kühl erhalten, die Zersetzungsprodukte vorhandener menschlicher und thierischer Auswurf- und Abfallstoffe mit großer Begierde als Nahrungsmittel aufnehmen, den Boden auf diese Weise reinigen, die schädliche Anhäufung solchen Unrathes verhindern, siechhaften Boden somit siechfrei machen, durch die dichte Grasnarbe oder durch die Humus- und Laubdecke die Staubbildung und den Uebertritt der Bodenpilze in die Luft erschweren oder ganz verhindern und auf diese Weise indirekt zur Reinhaltung der Luft beitragen.

Einen Beweis für die Immunität des Waldbodens liefern endlich auch die Erfahrungen, welche man über das Verhalten des Waldes bei Choleraepidemien gemacht hat.

### c. Wald, Cholera und Gelbfieber.

In Europa und in Indien wurde schon oft beobachtet, daß die Wälder ein Schutzmittel gegen die Ausbreitung der Cholera bilden. Herr Geheimrath von *Pettenkofer* hat darüber auf Grund der vom bengalischen Medizinaldepartement verfaßten Choleraberichte seinerzeit sehr werthvolle Mittheilungen gemacht<sup>1)</sup>. Man hat in Indien schon oft wahr-

<sup>1)</sup> *M. von Pettenkofer*, Verbreitungsart der Cholera in Indien. Braunschweig. 1871; ferner „Ausland“. 1872. Nr. 33.

genommen, daß Wohnungen oder Dörfer, die von einer größeren Anzahl von Bäumen oder von Wäldern umgeben waren, niemals von der Cholera heimgesucht worden sind, während in umliegenden Dörfern die Menschen in großer Zahl starben. Es sind auch Fälle bekannt, wo bei Ausbruch der Cholera ganze Abtheilungen von Soldaten ihr Lager in ausgedehnten Wäldern von Mangobäumen aufschlugen, und die Wirkung dieser Maßregel sowohl in der Beseitigung aller Cholerasymptome wie überhaupt in dem Gesundheitszustand der Mannschaft höchst befriedigend war. Auch hat man in Indien schon öfter die Erfahrung gemacht, daß nach dem Abschlagen von Bäumen die Cholera an Orten erschienen ist, die vorher frei davon gewesen waren. Es ließen sich aber auch viele Beobachtungen anführen, die lehren, daß nicht nur in Indien, sondern auch in Europa die Wälder der Ausbreitung der Cholera häufig Schranken setzten.

„Dieser Einfluß der Wälder“, sagt *Pettenkofer*, „erinnert lebhaft an das Verhalten der Moore in Bayern während der Choleraepidemie des Jahres 1854, wo die zahlreichen und bevölkerten Ortschaften im Donaumoos zwischen Pöttmes, Schrobenhausen, Ingolstadt und Neuburg, von einem Gürtel von Ortsepidemieen umgeben waren, ohne daß sich die Krankheit epidemisch in's Donaumoos hinein fortsetzte, trotz der individuell doch gewiß sehr disponirten armen Bevölkerung desselben.“ Der Boden des Donaumooses besteht aus Moor, also aus vegetabilischem Humus von saurer Reaktion, der, wie bereits erwähnt, ebenso wie Waldhumus kein geeignetes Nährmaterial für pathogene Bakterien bildet.

Ganz ähnlich wie gegen Cholera verhält sich der Wald gegen Gelbfieber. Im Jahre 1888, wo im südlichen Theile der Vereinigten Staaten Nordamerikas das Gelbfieber sehr verbreitet war und viele Opfer forderte, hat man ebenfalls die Erfahrung gemacht, daß Flüchtlinge, welche sich in die Fichtenwälder begeben haben und dort unter Zelten oder kleinen Bretterbuden lebten, sich vollkommen wohl befanden (*Frankfurter Zeitung*, 8. Okt. 1888).

Wenn man sich vergegenwärtigt, daß die Kommabacillen, welche die Cholera veranlassen, große Ansprüche an den Nährboden machen und zu den empfindlichsten Bakterien gehören, welche wir kennen; daß sie gegen freie Säuren außerordentlich empfindlich sind und durch den sauren Magensaft unbedingt vernichtet werden; daß sie ausgetrocknet schon in kürzester Frist zu Grunde gehen, auch durch Fäulnißbakterien sehr leicht

vernichtet werden, am besten bei einer Temperatur von 30—40° gedeihen und schon unter 16° zu wachsen 'aufhören, so läßt sich die schützende Wirkung des Waldes gegen die Cholera leicht erklären.

Da die spezifischen Bakterien, welche das Gelbfieber verursachen, zum normalen Wachstum noch eine gleichmäßigere, höhere Temperatur erfordern als die Cholerabacillen und viel lösliche Salze zur Ernährung zu beanspruchen scheinen, so ist die erwähnte günstige Einwirkung des Waldes in Gelbfieberdistrikten jedenfalls vorzugsweise dem Umstande zuzuschreiben, daß derselbe diesen Anforderungen weniger entspricht als ein mit Jauche etc. gedüngtes Ackerfeld, der verunreinigte Boden dichtbewohnter Städte oder die Meevesküsten und die Ufer großer Flüsse in heißen Ländern.

#### d. Wald und Malaria.

Wie alle Infektionskrankheiten wird auch die Malaria nicht durch das Klima, sondern durch Mikroorganismen verursacht, die als Krankheitserreger im menschlichen Körper wirken.

Wir haben es hier mit einer rein miasmatischen Krankheit zu thun, die niemals durch infizierte Menschen verbreitet wird.

Nach neueren Forschungen der beiden Italiener *Marchiafava* und *Celli* ist beim Sumpffieber kein Bacillus beteiligt, sondern es wird diese weit verbreitete und so große Verheerungen anrichtende Krankheit durch Parasiten hervorgebracht, die zu den niedersten Geschöpfen des Thierreiches, zu den Protozoën gehören und von den beiden Italienern als „Plasmodien“ der Malaria bezeichnet wurden. Man findet diese kleinsten Gebilde in Form kleiner Kügelchen im Blute Wechselfieberkranker innerhalb der rothen Blutkörperchen, wo sie sich entwickeln, den rothen Blutfarbstoff (Haemoglobin) zersetzen und in ein schwarzes Pigment, in Melanin umsetzen<sup>1)</sup>. Diese Beobachtungen wurden in neuerer Zeit durch eine Reihe anderer Forscher bestätigt und nachgewiesen, daß durch Uebertragung des Blutes eines Wechselfieberkranken auf gesunde, niemals mit Malaria behaftete Personen diese ebenfalls fieberkrank gemacht werden.

Außerhalb des menschlichen Organismus konnte der Malariaparasit bisher noch nicht aufgefunden werden, auch ist es noch nicht gelungen,

<sup>1)</sup> „Sulla infenzione malarica.“ Atti della R. Academia Medica di Roma, Anno XIII. 1886—87. serie II. col. III.

Protozoen zu züchten, da ihre Lebensbedingungen erst erforscht werden müssen<sup>1)</sup>. Epidemiologische Erfahrungen in Malaria-gebieten lassen aber keinen Zweifel darüber, daß das Sumpffieber aus dem Boden kommt, wo wir daher jedenfalls den Aufenthaltsort des thierischen Parasiten zu suchen haben. Wie die Malariakeime eingeschleppt werden und in den Boden gelangen, ist noch gänzlich unbekannt. Erfahrungsgemäß wissen wir, daß die Keime im Boden sich nur dann entwickeln, wenn eine gewisse Menge von Wasser vorhanden ist. Absolut und dauernd trockenes Terrain, wie z. B. sandreicher Boden ohne Grundwasser, gehört stets zu den fieberfreien Gebieten. Nach Berichten vieler Reisenden bieten daher die Wüsten (Sahara) trotz der hohen Temperatur für die Europäer einen gesunden Aufenthaltsort. Früher glaubte man, daß die Entstehung des Wechselfiebers an die Gegenwart von Sümpfen und stehenden Gewässern (Pfitzen) geknüpft sei. Erfahrungen in Italien haben aber gelehrt, daß ein mit Malariaparasiten infizierter Boden auch im scheinbar trockenen Zustande, auf Hügeln, Bergen zu einer Fieberquelle wird, wenn in verhältnißmäßig geringer Tiefe sich Grundwasser findet, welches durch kapillarisches Aufsteigen den Untergrund andauernd feucht erhält. Das ist bei der Mehrzahl der Hügel in der Campagna von Rom der Fall.

Wärme und nasser Boden, der periodisch in den oberen Schichten austrocknet, bilden die beiden Faktoren, welche den nachtheiligsten Einfluß auf die gesundheitlichen Verhältnisse einer Gegend auszuüben vermögen; es können Fiebererkrankungen entstehen, sobald der Boden mit Malariaparasiten infiziert ist. Gräben mit stagnirendem Wasser, die zeitweise trocken werden, austrocknende Seen, Pfitzen und Moräste, periodische, länger anhaltende Ueberschwemmungen durch schlecht regulirte Flüsse und Bäche, versumpfte Böden, in welchen das Grundwasser zu gewissen Zeiten nahe an die Oberfläche tritt, zur Trockenzeit wieder bis zu einer gewissen Tiefe sinkt, kurz alle Böden, die abwechselnd naß und trocken werden, sind für die Salubrität um so bedenklicher, je höher die Temperatur im Sommer steigt.

---

<sup>1)</sup> Trotz allen angewandten Fleißes konnte man bis jetzt bei Pocken, Scharlach, Masern, ebenso bei der Influenza und dem Keuchhusten noch keine Pilze finden; wahrscheinlich werden nach Prof. *Robert Koch* auch diese Krankheiten durch Protozoen veranlaßt.

Der Malariaparasit ist so luftbedürftig, daß ein damit infiziertes sumpfiges Terrain auch bei hoher Temperatur kein Malariagift erzeugt, so lange dasselbe mit Wasser vollständig bedeckt und die Luft aus dem Boden verdrängt ist. Dieser heilsame Schutz wird künstlich herbeigeführt, wenn Malariaboden mit einem guten Pflaster, mit Lehm, Asphalt, Zement oder mit einem dichten Grasfilz bedeckt ist. Jedes Umwühlen und Bearbeiten des infizierten Bodens behufs Anlage von Kulturen genügt, um unter den Arbeitern in ausgedehntem Maße mehr oder weniger heftige Wechselfiebererkrankungen zu veranlassen. Nach dem Austrocknen des Erdreiches werden die Krankheitskeime sowohl durch Winde als durch vertikal aufsteigende Luftströme im staubförmigen Zustande den unteren Schichten der Atmosphäre zugeführt und „Fieberluft“ erzeugt. In den weit- aus meisten Fällen gelangen die Parasiten durch die Athmung in die Lungen und von da aus in das Blut, wo sie bei vorhandener Disposition durch Zerstörung von Blutkörperchen Wechselfieber verursachen. Deshalb bringen Sümpfe die größte Gefahr erst dann, wenn sie im Austrocknen begriffen sind. Orte mit häufigem Wechsel des Wasserstandes, wie Fluß- und Seeufer, sind namentlich in heißen Ländern sehr gefährlich. In tropischen und subtropischen Gebieten ist die Malaria überhaupt viel verbreiteter als bei uns, die Krankheit nimmt dort auch einen viel bösartigeren und gefährlicheren Charakter an, weil für die Entwicklung des Krankheitserregers eine Temperatur zwischen 20—30° am günstigsten ist. Sowohl in den Tropenländern wie in unseren Breitegraden ist die trockene Zeit, während welcher die oberen Erdschichten austrocknen und die Infektionskeime sich dem Staube beimischen, stets viel gefährlicher als die Regenzeit oder der Winter. Am nachtheiligsten ist ein häufiger Wechsel zwischen heißen, den Boden austrocknenden Tagen und solchen mit sehr ergiebigen Niederschlägen. Eine alte bekannte Erfahrung lehrt, daß die Malariakeime sich nur relativ wenig über die Bodenfläche erheben; die Zahl derselben wird um so geringer, in je höhere Luftschichten wir gelangen.

Um sich gegen die Aufnahme von Malariakeimen möglichst zu schützen, wähle man aus diesem Grunde in Fiebergegenden hochgelegene Wohnplätze und möglichst hohe Häuser mit luftdichtem Abschluß des Bodens, oder Häuser, die auf 4—5 m hohen Pfählen stehen. Ist man gezwungen, im Freien zu übernachten, so benutze man Hängematten auf

Bäumen, wähle eine trockene Lagerstätte aus, womöglich auf einem Hügel oder Berge, bediene sich einer Gummidecke als Unterlage und meide Sümpfe, stehende Gewässer, feuchte Thäler etc. Als prophylaktische innere Mittel gegen Malaria haben sich Chinin- und Arsenpräparate am besten bewährt. Gut ernährte Menschen sind weit widerstandsfähiger als schlecht ernährte.

Am gründlichsten kann das Sumpffieber dauernd bekämpft werden, wenn man den thierischen Infektionserregern im Boden die wichtigste Lebensbedingung, das Wasser, durch zweckentsprechende Entwässerung (Drainage, Anlage von 1 m tiefen, gut ziehenden Gräben) entzieht, den Grundwasserspiegel tiefer legt und die Bodenkrume möglichst trocken macht. Allerorts hat die Erfahrung gelehrt, daß die Malaria in dem Maße zurückgeht, in welchem die Kultur des Bodens fortschreitet. Früher war diese Krankheit namentlich in Deutschland viel allgemeiner verbreitet als jetzt, erst durch die wachsende Kultivirung des Landes ist sie auf ihre jetzigen Grenzen zurückgedrängt worden.

Die alten Römer bedienten sich in der Campagna zur Ableitung der im Innern der römischen Tuffhügel befindlichen Gewässer kleiner Tunneln von 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> m Höhe und einer durchschnittlichen Breite von 50 cm. Diese unter einander kommunizirenden Stollen durchziehen noch heute in mehrfachen, oft 3—4 fachen Etagen die Hügel von Rom. Die gesammelten Wasser traten am Fuße der Hügel zu Tage und wurden durch tiefe Gräben, welche parallel mit der Basis der Hügel gezogen sind, abgeleitet. Gegenwärtig sind fast alle aufgefundenen Kanäle durch Schlamm verstopft und unwirksam.

Die Entwässerungsanlagen werden in ihrer Wirkung sehr unterstützt durch nachträglichen Anbau des Bodens mit Kulturgewächsen (dicht stehenden Gras- und Kleearten, Maispflanzen), die dem Boden im Bereiche der Wurzeln sehr viel Wasser entziehen und zur Austrocknung desselben wesentlich beitragen. Bei Beginn der Kultivirung ist in der Regel in Folge des Aufwühlens des infizirten Bodens eine bedeutende Steigerung der Fieberkrankheit bemerkbar, die aber allmählich mehr und mehr verschwindet.

Wirksamer als die Kulturgewächse erweisen sich aus mehrfachen Gründen gut gepflegte Wälder mit normalem Bestandesschluß. Die Bäume tragen nicht nur durch die Thätigkeit ihrer zahlreichen, weit verbreiteten Wurzeln zum Abfluß des Wassers in die Tiefe, zur Entwässerung und zum Austrocknen der tieferen Bodenschichten viel bei, sondern halten

auch durch ihr dichtes Kronendach einen beträchtlichen Theil der Niederschläge zurück, insbesondere die immergrünen Nadelhölzer. Durch die starke Beschattung des Bodens und durch die geringe Luftbewegung im Walde wird das Austrocknen der oberen Bodenschichten erschwert und dem schädlichen Wechsel von Nässe und Trockenheit vorgebeugt<sup>1)</sup>. Dazu kommt, daß während der wärmeren Jahreszeit im Walde die Luft- und Bodentemperatur eine viel geringere ist, und daß durch die Bodendecke (Moos, Laub, Humus) oder auch durch die Grasnarbe die Staubbildung und der Uebertritt vorhandener Malariaparasiten in die Luft außerordentlich erschwert wird. Rechnet man dazu noch die in neuester Zeit durch *Serafini* konstatierte Thatsache, daß die Wälder vermittelt ihres Kronendaches eine filtrirende Wirkung ausüben und einen Theil der durch die Winde von außen zugeführten Malariakeime zurückhalten, so ist es begreiflich, daß entsumpfte trockene Wälder einen wirksameren Schutz gegen die Verbreitung der Malaria bilden als landwirthschaftliche Kulturen.

Diese günstigen Wirkungen kann aber selbstverständlich nur ein normaler gut geschlossener Wald, am besten Nadelwald ausüben. Ist wegen zu hohen Alters oder in Folge geringer Bodenbonität, schlechten Wirthschaftsbetriebes der Bestand sehr lückig, der Kronenschluß vielfach unterbrochen, sind die Bäume kümmerlich entwickelt, so kann eine sanitäre Verbesserung durch den Wald nicht erwartet werden.

Zu den bekanntesten Malariagebieten Europa's gehört die Campagna in Italien; selbst Rom hat in den heißen Monaten darunter erheblich zu leiden. Schon seit 1870 ist die italienische Staatsregierung bemüht, eine Verbesserung der dortigen schlechten Gesundheitsverhältnisse herbeizuführen, bis jetzt aber ohne besonderen Erfolg.

In historischer Zeit war die Campagna stark bewaldet, bis mit der fortschreitenden Kultur immer größere Flächen extensivem Acker- und Wiesenbau nutzbar gemacht und selbst die oft steilen Gehänge und Gipfel der römischen Hügel entwaldet worden sind. Die Wälder standen dort früher unter dem Schutze sehr strenger gesetzlicher Bestimmungen, deren Uebertretung mit schweren körperlichen und hohen Geldstrafen bedroht war. Es war Niemand gestattet, ohne Genehmigung irgend

<sup>1)</sup> Vergl. meine Untersuchungen „über den Einfluß des Waldes und der Bestandesdichte auf die Bodenfeuchtigkeit und auf die Sickerwassermenge“ in der Zeitschrift „Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik“. XII. 1889.

ein Produkt aus ihnen zu holen, geschweige denn einen Hieb auszuführen.

Diese Maßregeln finden ihre Erklärung in dem Umstande, daß nach der früheren, gegenwärtig noch von vielen getheilten Ansicht die Waldungen der Entstehung sowohl als der Verbreitung der Malaria entgegenwirken. Außerordentlich zahlreich sind die Aussprüche der bedeutendsten Aerzte und Gelehrten, welche dies erhärten, und nicht minder zahlreich sind die Fälle, die angeführt werden und die man aus den Akten der Sacra Consulta (des Gerichtes, unter dessen Jurisdiktion die Wälder standen) entnehmen kann, in welchen durch Entwaldung eine Verschlimmerung, durch Wiederbewaldung dagegen eine Verbesserung der öffentlichen Gesundheit hervorgerufen worden sei. Aus Besorgniß, die Malaria könnte entstehen oder sich verbreiten, ist die Bevölkerung stets jedweder Haauung im Walde sehr feindlich entgegengetreten.

Sucht man nach dem wirklichen Grunde, nach der wissenschaftlichen Erklärung dieses allgemein behaupteten wohltätigen Einflusses des Waldes, so standen wir bisher vor einer vollständigen Unkenntniß derselben.

Zur Lösung dieser schon seit langer Zeit erörterten, bald für, bald wider den Wald entschiedenen Frage: Welchen Einfluß üben die Wälder auf die Entstehung und Verbreitung der Malaria im Agro romano aus? setzte das k. italienische Ackerbauministerium im Jahre 1881 eine besondere Kommission zusammen, welche unter ihren Mitgliedern die bekanntesten Sachverständigen auf dem in Rede stehenden Gebiete zählte, und welche eine genaue wissenschaftliche Untersuchung anstellen sollte, um größere Klarheit über diese Frage zu bringen. Die Kommission hat nach bald dreijähriger Thätigkeit, welche hauptsächlich auf die Untersuchungen an Ort und Stelle gerichtet war, das Ergebnis ihrer Arbeiten in einem umfassenden Berichte vorgelegt. Sie glaubte namentlich auf Grund der damals von mir in Bayern durchgeführten und veröffentlichten Beobachtungen über „Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden“ zu dem Schlusse berechtigt zu sein, daß die Wälder, indem sie die Feuchtigkeit der Luft und des Bodens vermehren, der Entstehung und der Verbreitung der Malaria eher günstig als hinderlich sein müssen<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Nach dem Berichte der Kommission, mitgeteilt von V. Perona, Professor an der Forstakademie zu Vallombrosa in der „Allg. Forst- und Jagdzeitung“. Februarheft 1885.



Zur damaligen Zeit lagen nur Lysimeterbeobachtungen, aber keine direkten Untersuchungen über den Einfluß des Waldes auf die Bodenfeuchtigkeit und auf die Sickerwassermengen vor; nachdem nun durch meine neueren oben erwähnten umfassenden Untersuchungen konstatiert ist, daß ein gut geschlossener Wald den Boden in der Wurzelregion je nach Holzart, Alter, Bewurzelungsweise und Bestandesschluß mehr oder weniger austrocknet, nachdem ferner durch zahlreiche Beobachtungen in Deutschland und Frankreich mit aller Bestimmtheit nachgewiesen ist, daß durch Bewaldung (namentlich mit Fichten und anderen immergrünen Nadelhölzern) versumpfter Boden sein überschüssiges Wasser verliert; nachdem ich endlich noch verschiedene andere hygienisch wichtige Eigenschaften des Waldbodens erkannt habe, steht uns nun ein viel reicheres Material und eine bessere wissenschaftliche Unterlage zur Prüfung obiger Frage zu Gebote, als es bisher der Fall war. Es kann nach den bisherigen Erörterungen keinem Zweifel unterliegen, daß ein regelrechtes Entwässerungssystem, nöthigenfalls auch eine Regulirung der Wasserzuflüsse und eine Auffangung (Fassung) der Quellen, verbunden mit einer guten Waldkultur, die Malariagefahr beseitigt oder wenigstens auf ein sehr geringes Maß reduziert. Damit ist keineswegs gesagt, daß die Malaria-Distrikte vollständig bewaldet sein müssen; es genügt eine theilweise gute normale Bewaldung, verbunden mit einer möglichst intensiven Feld- und Wiesenkultur.

Nach den Mittheilungen des Prof. *Perona* bestehen die noch vorhandenen Wälder des früheren Kirchenstaates mit wenigen Ausnahmen nur aus kleinen, zerstreuten, schlecht gepflegten, meist verkommenen Gehölzen, in welchen der Hochwald nur sehr spärlich vertreten ist und auch ein sehr trauriges Bild gewährt, indem die spärlichen Bäume fast vor Alter umfallen und der sehr unvollkommene Nachwuchs durch die unregelmäßige Waldweide nicht aufkommen kann.

Einen überraschend günstigen Erfolg hat man durch ausgedehnte Anpflanzungen von Eukalyptus-Arten (*E. globulus*, *E. resinifera* u. a.) in der Gegend von Tre Fontana, einem Trappistenkloster in der Nähe von Rom, erzielt. Seit längster Zeit war diese Gegend wegen der gefährlichen Fieber unbewohnt und das Kloster verlassen. Im Jahre 1868 ließen sich hier französische Trappisten nieder, welche sich die Sanirung der Gegend durch Anpflanzung von Eukalyptus-Arten (Blaugummibäumen, Fieberbäumen) zur Aufgabe gemacht haben. Die ersten Kulturen fanden

im Jahre 1870 in unmittelbarer Umgebung des Klosters statt. Später pflanzte man die umliegenden Höhen an, so daß gegenwärtig das Thälchen, in welchem das Kloster liegt, von einer recht hübschen Bewaldung eingefaßt ist. Trotz des kurzen Zeitraumes von 20 Jahren hat sich der Gesundheitszustand der Kolonie in einer Weise gebessert, daß von einer wirklichen Gefahr keine Rede mehr ist. Freilich kommen bei ungünstigen Witterungsverhältnissen noch immer Fieberfälle vor, jedoch sind dieselben, sowohl was die Häufigkeit als die Heftigkeit betrifft, im Vergleich zu früher fast verschwindend<sup>1)</sup>. Aber auch diese Klagen würden wohl nicht vorhanden sein, wenn neben der Bewaldung eine gründlichere Entwässerung des Bodens vorgenommen worden wäre. Diesem Umstande dürfte es wohl auch zuzuschreiben sein, daß die Mönche im Jahre 1882 wiederum von einer größeren Epidemie heimgesucht worden sind.

Die Eukalyptus-Arten tragen in Folge ihrer tiefen Bewurzelung und ihrer ausnehmend starken Transpiration zur Austrocknung der tieferen Bodenschichten sehr viel bei<sup>2)</sup>. Man will sogar beobachtet haben, daß an Stellen, an welchen früher einige Centimeter unter der Erdoberfläche Grundwasser beobachtet wurde, dieses sich nach der Anpflanzung bis in eine Tiefe von über 1 m zurückgezogen habe, eine Erscheinung, die aber zum Theil auch durch Anlage von Entwässerungsgräben erzielt worden sein dürfte.

In Indien und Australien (Sidney) sollen Eukalyptuswälder zur Assanirung des Malariabodens nichts beigetragen haben. Ohne nähere Kenntniß der dortigen Wald-, Boden- und Standortsverhältnisse läßt sich selbstverständlich ein Urtheil über die Ursache dieses Mißerfolges nicht abgeben. Daß aber auch in tropischen Ländern die Wälder häufig einen Schutz gegen Sumpffieber gewähren, lehren viele Erfahrungen. Besonders beachtenswerth sind in dieser Beziehung die Mittheilungen aus Ostafrika, welche *Henry Stanley* in seinem bekannten Werke: „Im dunkelsten Afrika“, im II. Bd., S. 31 gemacht hat. Er sagt: „Während wir durch die Waldregion marschirten, haben wir von den afrikanischen Sumpffiebern weniger gelitten als im offenen Lande zwischen Matadi und dem Stanley-Pool. Ein langer Aufenthalt in den Waldlichtungen

<sup>1)</sup> *Fankhauser jun.* „Forstliche Reise-Skizzen aus Italien“. Zürich. 1885.

<sup>2)</sup> Das Wachstum der dortigen Bäume ist nach *Fankhauser's* Angaben so gewaltig, daß sie schon im 4. Jahre (1,5 m über dem Boden gemessen) durchschnittlich einen Durchmesser von 9 cm und eine Höhe von 8 m haben.

erinnerte uns bald daran, daß wir dort den Wirkungen des Sumpffiebers nicht vollständig entgehen. Wenn wir aber vom Walde eingeschlossen sind, treten die Fieber in milderer Form auf und lassen sich mit einer rechtzeitigen Dosis Chinin bald beseitigen. Befindet sich eine dichte Schutzwand von Urwald zwischen der Wohnstätte und einer großen Lichtung oder dem offenen Lande, so ist nur die Gefahr einer lokalen Malaria um die Wohngebäude herum vorhanden, die aber durch die geringste Aufmerksamkeit in Bezug auf die Körperkonstitution harmlos gemacht werden kann. Auf dem offenen Lande bietet weder Haus noch Zelt genügenden Schutz, da die Luft durch die Thüren, unter den Schwellen hindurch und durch die Luftlöcher dringt und die Bewohner vergiftet. Daraus ist zu nehmen, daß Bäume, großes Gebüsch, hohe Mauern oder dichte Schutzwände zwischen den Wohnstätten und den Luftströmungen deren fieberbringenden Einfluß abschwächen, so daß der Bewohner nur den Wirkungen der lokalen Ausdünstungen unterworfen ist. Dagegen können weder Höhen bis zu 1500 m über dem Meeresspiegel, noch 65 km breite Wasserflächen positiven Schutz gewähren.“ Als *Stanley* und seine Gefährten den Kongo hinauffahren, mit dem Wind im Rücken, waren sie meist frei vom Fieber, während sie bei der Thalfahrt auf dem Oberkongo mit dem Wind im Gesicht von den stärksten Anfällen betroffen wurden.

Ein sehr auffälliges Beispiel der Abnahme von Wechselfieber durch dichte Bepflanzung des Bodens bietet die bayerische Festung Germersheim in der Rheinpfalz, die früher wegen des herrschenden Wechselfiebers sehr gefürchtet war. Nach einer statistischen Zusammenstellung von Oberstabsarzt Dr. *Albert* trat dort das endemische Wechselfieber besonders stark in der heißen Jahreszeit auf, solange um die Stadt und um die Vorwerke, die theils in sumpfiger Flußniederung liegen, frisch aufgeworfener, nicht bewachsener Boden vorhanden war, und solange die mit Erddächern eingedeckten, bombensicheren, kellerartigen Wohnräume (Kasematten) in Vorwerken und Defensivkasernen noch neu erbaut und feucht, von Mannschaften belegt waren. Seitdem die Sümpfe trocken gelegt und die Glacis, Wälle, Vorwerke und Grabenränder mit Gras, Ziersträuchern und Bäumen dicht bepflanzt sind — angefangen 1860 —, läßt sich bei der Garnison der Festung Germersheim eine geradezu überraschende Abnahme des Wechselfiebers konstatiren. Während noch im

Jahre 1859 bei einer Präsenzstärke von 5895 Mann 59% erkrankten und die Morbilität an Wechselfieber in dem Dezennium 1854—1863 durchschnittlich 35% der Präsenzstärke betrug, sank sie in dem Dezennium 1877 bis 1886 auf 1% herab und es hat sich die Festung zu den gesündesten Garnisonen Deutschlands erhoben.

Welchen günstigen Erfolg die Austrocknung der Sümpfe und die Anpflanzung von Bäumen auf den Gesundheitszustand ganzer Bezirke hat, geht noch aus vielen anderen Beispielen hervor. Die Sologne — eine südlich von Orleans gelegene Ebene — war von jeher wegen der dort befindlichen Sümpfe als ungesund bekannt. Dies hat sich aber durch die ausgeführten großartigen Wiederaufforstungen bedeutend gebessert <sup>1)</sup>. Die großen Sümpfe in Virginien und Carolina, in einem Klima, welches dem von Italien sehr nahe kommt, sind, wie die Erfahrung lehrt, selbst für Europäer ganz ungefährlich, so lange dieselben mit Wald bedeckt bleiben; die Luft wird aber ungesund, wenn der Wald gefällt ist.

In Holland wurden Hunderttausende von Hektaren der Ueberschwemmung ausgesetzten Grundes urbar und bewohnbar gemacht durch Weidenpflanzungen; ebenso litt in der sumpfigen Niederung des Flüsßchens Now bei Aachen die Bevölkerung fortwährend an Wechselfieber, bis endlich Weidenpflanzungen angelegt und polizeilich streng überwacht wurden. Aehnliche günstige Ergebnisse erzielte man an den Elbufern. Auch das Linththal zwischen dem Wallensee und Zürchersee ist in Folge der Linthkorrektion und Ersetzung der Sümpfe durch Kulturland fieberfrei gemacht worden; ebenso wurden in der Gegend zwischen Riva und Colico am oberen Ende des Comersees, welche früher im höchsten Grade ungesund war, jetzt aber zum größten Theile mit Mais bepflanzt ist, die Gesundheitsverhältnisse wesentlich besser. Endlich ist auch in München das Wechselfieber seit Anfang der fünfziger Jahre durch erfolgreiche Kulturthätigkeit so gut als völlig verschwunden, während es früher zu den regelmäßig vorkommenden Krankheiten gehört hat.

<sup>1)</sup> Allg. Forst- u. Jagdzeitung. 1867. S. 104.

## Neue Litteratur.

**J. von Lorenz Liburnau** und **F. Eckert**. Resultate forstlich-meteorologischer Beobachtungen, insbesondere in den Jahren 1885—1887. Mittheilungen vom forstlichen Versuchswesen Oesterreichs. Heft XII. Wien. 1890. *W. Frick*.

**A. Müttrich**. Ueber den Einfluß des Waldes auf die periodischen Veränderungen der Lufttemperatur. Zeitschrift f. Forst- und Jagdwesen. 1890. Heft 7.

**F. Eckert**. Beobachtungsergebnisse der neueren forstlich-meteorologischen Stationen im Deutschen Reiche. Meteorol. Zeitschrift. 1890. Heft 10. S. 367—378.

**F. Schindler**. Kulturregionen und Kulturgrenzen in den Oetzthaler Alpen. Zeitschrift des deutschen und österr. Alpenvereins. 1890. Bd. XXI.

**E. Hackel**. Ueber einige Eigenthümlichkeiten der Gräser trockener Klimate. Verh. d. k. k. zoolog.-botan. Ges. in Wien. 1890. Abhandlungen. S. 125—138.

**J. Juhlin**. Sur la température nocturne de l'air à différentes hauteurs. Soc. Roy. des Sciences d'Upsal. 1889. Upsal. 1890.

**Hjelström**. Ueber die Wärmeleitung des Schnees. Meteorol. Zeitschr. 1890. Heft 6. S. 226.

**A. Woetikof**. Bodentemperatur unter Schnee und ohne Schnee in Katharinenburg am Ural. Meteorol. Zeitschrift. 1890. Heft 10. S. 381—385.

**N. Ekholm**. Zur Frage über die Verdunstung einer Schneelage. Meteorol. Zeitschrift. 1890. Heft. 6. S. 224—226.

**E. Leyst**. Untersuchungen über den Einfluß der Ablesungstermine der Extrem-Thermometer auf die aus ihnen abgeleiteten Extrem-Temperaturen und Tagesmittel der Temperatur. Rep. f. Meteorologie. Bd. XIII. Nr. 2. St. Petersburg. 1889.

**P. Perlewitz**. Ueber den Einfluß der Stadt Berlin auf deren klimatische Verhältnisse. Das Wetter. 1890. Heft 5. S. 97—109.

**J. Elster** und **H. Götzel**. **Beobachtungen, betreffend die elektrische Natur der atmosphärischen Niederschläge.** Sitzungsber. d. Wiener Akad. der Wiss. 1890. Bd. XCIX. Abthlg. II. a. S. 421.

**C. Lang**. **Wetterprophezeiungen in alter und neuer Zeit.** Das Wetter. 1890. Heft 8. S. 169—182. H. 9. S. 193—198. Heft 10. S. 225—232.

**H. Dufour**. **Appareil simple pour la mesure de l'évaporation.** Bull. Soc. Vaud. XXV. Nr. 100. p. 56.

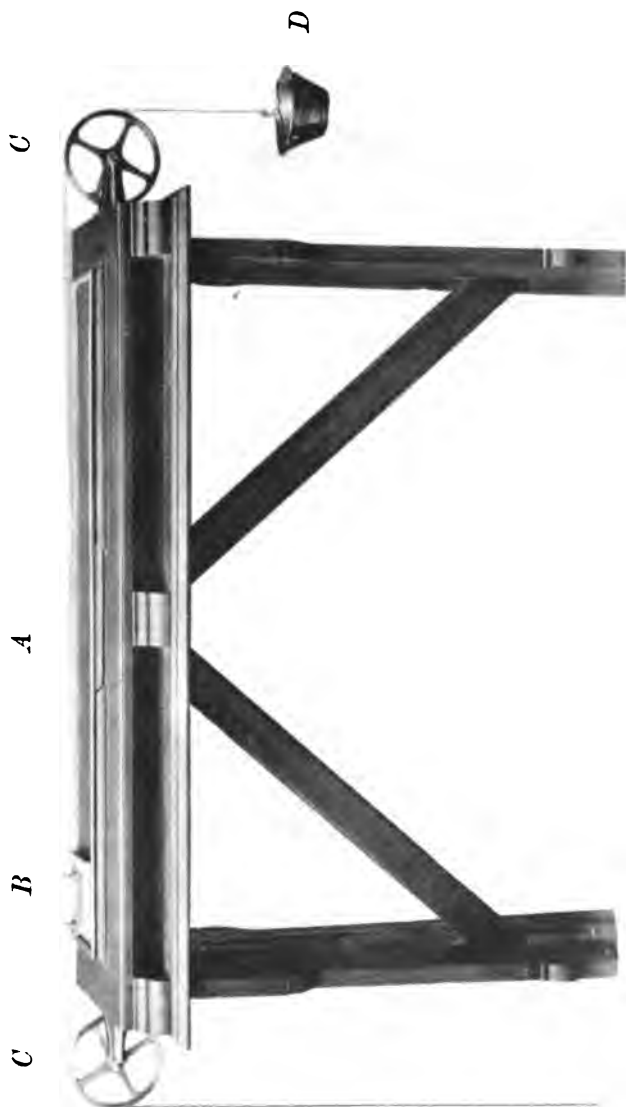
**F. Umlauf**. **Das Luftmeer.** Grundzüge der Meteorologie und Klimatologie nach den neuesten Forschungen. Wien. 1890. *Hartleben*.











Carl Winter's Universitätsbuchhandlung in Heidelberg.





I.



II.





Carl Winter's Universitätsbuchhandlung in Heidelberg.









# FORSCHUNGEN

AUF DEM

## GEBIETE DER AGRIKULTURPHYSIK.

UNTER MITWIRKUNG DER HERREN:

DR. J. VAN BEBBER IN HAMBURG; PROF. DR. J. VAN BEMMELEN IN LEIDEN (HOLLAND); PROF. DR. J. BÖHM IN WIEN; PROF. DR. J. BREITENLOHNER IN WIEN; PROF. DR. W. DETMER IN JENA; PROF. DR. E. EBERMAYER IN MÜNCHEN; DR. C. FERRARI IN TREGNAGO; PROF. DR. E. GODLEWSKI IN DUBLAN (GALIZIEN); DR. G. HAVENSTEIN IN BONN; PROF. DR. R. HEINRICH IN ROSTOCK; PROF. DR. E. W. HILGARD IN BERKELEY (CALIFORNIEN U. S.); PROF. DR. F. V. HÖHNEL IN WIEN; PROF. DR. S. W. JOHNSON IN NEW-HAVEN (CONNECTICUT U. S.); PROF. DR. L. JUST IN KARLSRUHE; PROF. P. KOSTYTSCHIEFF IN ST. PETERSBURG; PROF. DR. J. KÜHN IN HALLE A./S.; PROF. DR. C. KRAUS IN WEIHNSTEFAN; DR. C. LIANG IN MÜNCHEN; PROF. DR. TH. LANGER IN MÖDLING; DR. J. B. LORENZ VON LIBURNAU IN WIEN; PROF. DR. A. VON LIEBENBERG IN WIEN; PROF. DR. G. MAREK IN KÖNIGSBERG L./PR.; PROF. DR. A. MAYER IN WAGENINGEN (HOLLAND); PROF. DR. J. MÖLLER IN INNEBRUCK; PROF. DR. A. MÜLLER IN BERLIN; DR. H. MÜLLER-THURGAU IN GEISENHEIM; PROF. DR. J. NESSLER IN KARLSRUHE; PROF. DR. A. ORTH IN BERLIN; PROF. DR. R. PEDERSEN IN KOPENHAGEN; DR. E. RAMANN IN EBERSWALDE; DR. W. RIEGLER IN WIEN; PROF. DR. E. VON RODICZKY IN KASCHAU (UNGARN); DR. W. SCHUMACHER IN BONN; DR. P. SORAUER IN PROSKAU; DR. F. C. TSCHAPLOWITZ IN PROSKAU; PROF. DR. P. WAGNER IN DARMSTADT; PROF. DR. G. WILHELM IN GRAZ

HERAUSGEGEBEN

VON

**DR. E. WOLLNY,**

PROFESSOR IN MÜNCHEN.

DREIZEHNTER BAND. ERSTES UND ZWEITES HEFT.

Mit 1 lithographirten Tafel.

HEIDELBERG.

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.

1890.



# FORSCHUNGEN

AUF DEM

## GEBIETE DER AGRIKULTURPHYSIK.

UNTER MITWIRKUNG DER HERREN:

DR. J. VAN BEBBER IN HAMBURG; PROF. DR. J. VAN BEMMELEN IN LEIDEN (HOLLAND); PROF. DR. J. BÖHM IN WIEN; PROF. DR. J. BREITENLOHNER IN WIEN; PROF. DR. W. DETMER IN JENA; PROF. DR. E. EBERMAYER IN MÜNCHEN; DR. C. FERRARI IN TREGNAGO; PROF. DR. E. GODLEWSKI IN DUBLANY (GALIZIEN); DR. G. HAVENSTEIN IN BONN; PROF. DR. R. HEINRICH IN ROSTOCK; PROF. DR. E. W. HILGARD IN BERKELEY (CALIFORNIEN U. S.); PROF. DR. F. v. HÖHNEL IN WIEN; PROF. DR. S. W. JOHNSON IN NEW-HAVEN (CONNECTICUT U. S.); PROF. DR. L. JUST IN KARLSRUHE; PROF. P. KOSTYTSCHJEFF IN ST. PETERSBURG; PROF. DR. J. KÜHN IN HALLE A./S.; PROF. DR. C. KRAUS IN WEIHENSTEPHAN; DR. C. LANG IN MÜNCHEN; PROF. DR. TH. LANGER IN MÖDLING; DR. J. R. LORENZ VON LIBURNAU IN WIEN; PROF. DR. A. VON LIEBENBERG IN WIEN; PROF. DR. G. MAREK IN KÖNIGSBERG I. PR.; PROF. DR. A. MAYER IN WAGENINGEN (HOLLAND); PROF. DR. J. MÖLLER IN INNSBRUCK; PROF. DR. A. MÜLLER IN BERLIN; DR. H. MÜLLER-THURGAU IN GEISENHEIM; PROF. DR. J. NESSLER IN KARLSRUHE; PROF. DR. A. ORTH IN BERLIN; PROF. DR. R. PEDERSEN IN KOPENHAGEN; DR. E. RAMANN IN EBERSWALDE; DR. W. RIEGLER IN WIEN; PROF. DR. E. VON RODICZKY IN KASCHAU (UNGARN); DR. W. SCHUMACHER IN BONN; DR. P. SORAUER IN PROSKAU; DR. F. C. TSCHAPLOWITZ IN PROSKAU; PROF. DR. P. WAGNER IN DARMSTADT; PROF. DR. G. WILHELM IN GRAZ

HERAUSGEGEBEN

VON

**Dr. E. WOLLNY,**

PROFESSOR IN MÜNCHEN.

DREIZEHNTER BAND. DRITTES UND VIERTES HEFT.

Mit 4 Holzschnitten und 1 lithographirten Tafel.

HEIDELBERG.

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.

1890.









UNIVERSITY OF CALIFORNIA  
BRANCH OF THE COLLEGE OF AGRICULTURE

THIS BOOK IS DUE ON THE LAST DATE  
STAMPED BELOW

5m-8,'26



|                         |  |            |
|-------------------------|--|------------|
| 6348                    |  | S590<br>F6 |
| Forschungen auf dem     |  | v.13       |
| gebiete der agricultur- |  |            |
| physik.                 |  |            |
|                         |  |            |
|                         |  |            |
|                         |  |            |
|                         |  |            |
|                         |  |            |
|                         |  |            |
|                         |  |            |

S590  
F6  
v.13

6348

LIBRARY, BRANCH OF THE COLLEGE OF AGRICULTURE

